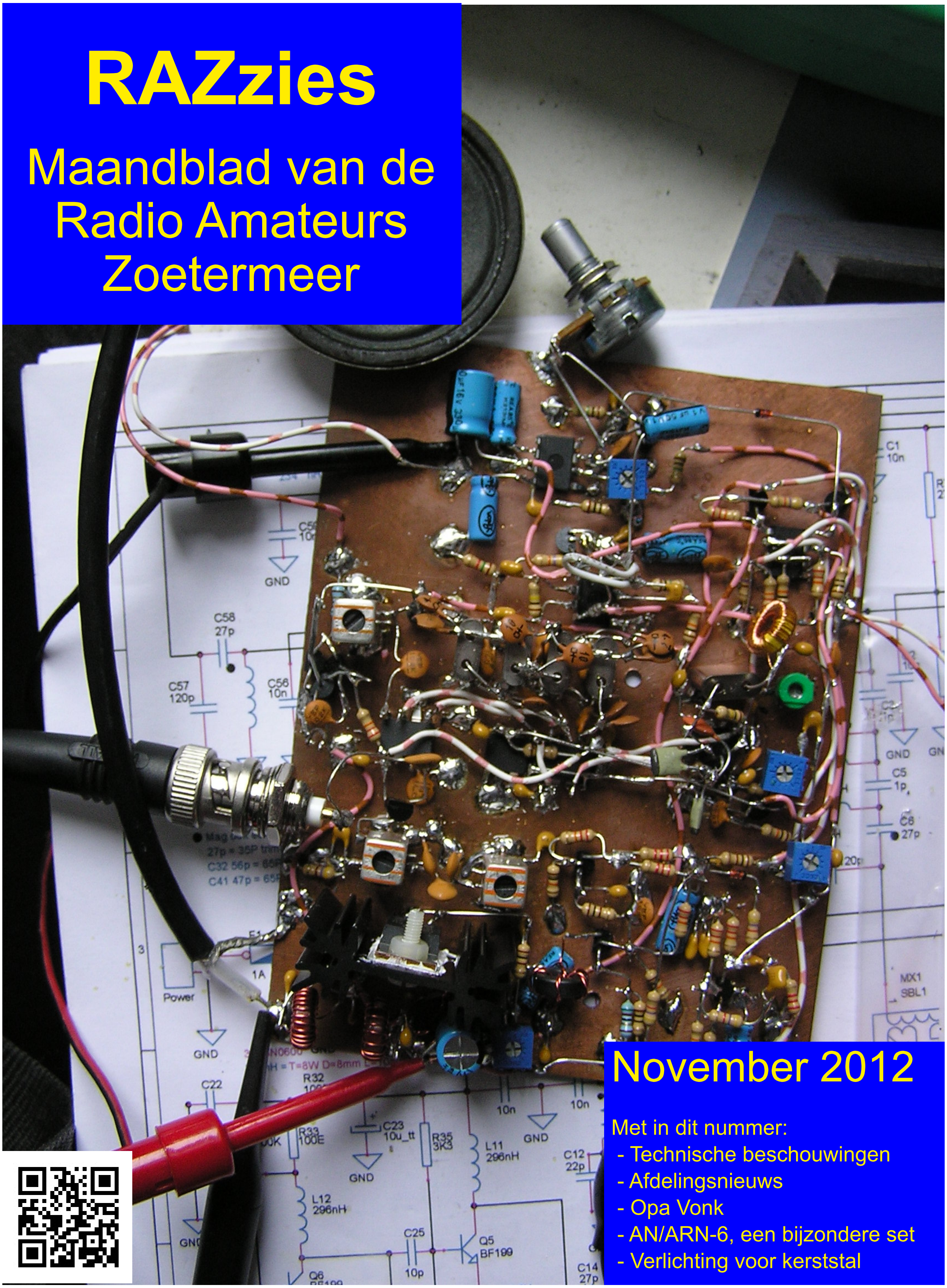
RAZzies

Maandblad van de Radio Amateurs Zoetermeer



November 2012

Met in dit nummer:

- Technische beschouwingen
- Afdelingsnieuws
- Opa Vonk
- AN/ARN-6, een bijzondere set
- Verlichting voor kerststal

Colofon

RAZzies is een uitgave van de Radio Amateurs Zoetermeer. Bijeenkomsten van de Radio Amateurs Zoetermeer vinden plaats op elke tweede en vierde woensdag van de maanden september - juni om 20:00 uur in het clubhuis van de Midgetgolfclub Zoetermeer in het Vernède sportpark in Zoetermeer.

Website:

http://www.pi4raz.nl

Redactie:

Frank Waarsenburg
PA3CNO
pa3cno@pi4raz.nl

Informatie:

info@pi4raz.nl

Kopij en op- of aanmerkingen kunnen verstuurd worden naar razzies@pi4raz.nl

Nieuwsbrief:

http://pi4raz.nl/maillist/subscribe.php

Van de redactie

Wat is er gebeurd met de aangekondigde speciale uitgave, hoor ik jullie al vragen. Tja, dat is een heel verhaal. In de vorige RAZzies vertelde ik al dat Steven Weber nogal slordig was met zijn ontwerpen. Dat breekt ons nu ook op. Na de vertraging in de printen is het technische team bestaande uit PA2HW, PA2RDK en PA3CNO aan het bouwen geslagen. Daaruit bleek al dat het ontwerp van de PSK31 transceiver niet in één avond op de bouwen is. Maar nadat de hoofdprint bestückt was, werkte de ontvanger meteen. Dat gaf hoop. Maar met de zender was het een heel ander verhaal. Deze transceiver werkt niet volgens standaard SSB modulatie, maar op een heel aparte manier. En die manier blijkt nogal kritisch. Om de nabouwzekerheid te borgen, nemen we dus wat meer tijd om alle problemen te tackelen. Beter nu wat meer tijd dan straks een hoop teleurgestelde nabouwers. Vandaar deze "reguliere" uitgave van de RAZzies, waarvoor het programma even helemaal om moest omdat ik gerekend had op de publicatie van een "special". Daarom zijn niet alle rubrieken vertegenwoordigd, maar gelukkig is er nog genoeg te bouwen en te lezen uit deze uitgave. Op de achtergrond gaat de bouw en de test van de prototypes gewoon door, en de resultaten zijn met enige regelmaat te lezen op onze Facebook pagina[1]. Dus als het mee zit, volgende keer dan toch echt de special!

[1] https://www.facebook.com/pi4raz

Technische beschouwingen: Flyback converters

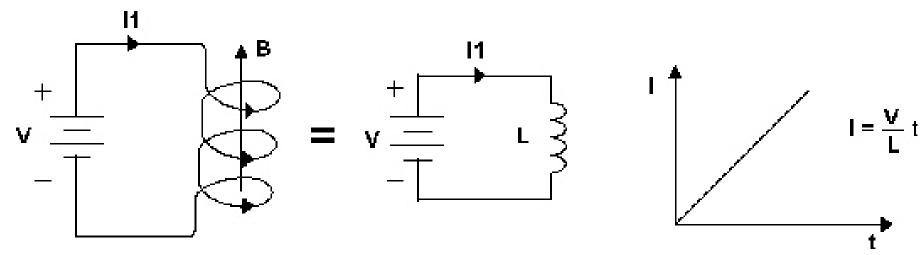
Gewoon voor de lol zijn Robert PA2RDK en Frank PA3CNO begonnen met een nieuw project: een Nixie klok. Voor de wat jongeren onder ons: Nixie-buisjes zijn van die neon-achtige cijferdisplays die met een redelijk hoge spanning (ca. 180V) aangestuurd moeten worden.



Nixie buisjes in bedrijf

Die spanning van rond de 180V betekent onmiddellijk een uitdaging. De gemakkelijke weg is natuurlijk een transformator kopen, spanning gelijkrichten, stabiliseren en klaar is Kees. Kees is dan meteen arm ook, want tenzij de transformator toevalling op voorraad was in de junkbox, is deze - mits überhaupt verkrijgbaar - meestal behoorlijk duur.

Gelukkig zijn er andere manieren om aan een beetje hoogspanning te komen. Bekende methodes voor het opwekken van hoogspanning omvatten bijvoorbeeld boost- en flyback-converters. Kenmerk van deze converters: er zit een spoel in waar de energie tijdelijk in opgeslagen wordt alvorens deze losgelaten wordt op een condensator voor de opslag.



Figuur 1.

Bekijken we de eenvoudige schakeling bestaande uit een batterij die verbonden is met een spoel met zelfinductie L en weerstand R (Figuur 1). Zodra de batterij verbonden wordt met de spoel, gaat de stroom niet onmiddellijk van nul naar de maximumwaarde V/R. De wet van de elektromagnetische inductie, ook wel bekend als de wet van Faraday, verhindert dit. Wat wel gebeurt is het volgende: met het in de tijd oplopen van de stroom neemt de magnetische flux proportioneel met de stroom toe. De toenemende flux induceert een elektromagnetische kracht in het circuit die tegengesteld is aan de verandering van de magnetische flux. Volgens de wet van Lenz moet daarom het geïnduceerde elektrische veld in de spoel tegengesteld zijn aan de richting van de stroom. Als de stroom toeneemt, neemt de snelheid waarmee de stroom toeneemt af, en daardoor vermindert het geïnduceerde elektromagnetische veld. Dit tegengestelde elektromagnetische veld resulteert in een lineair toenemende stroom volgens de formule:

$$I = \frac{V * t}{L}$$

De stroomtoename stopt uiteindelijk als de stroom beperkt wordt door de serieweerstand van de spoel. Op dat moment is de hoeveelheid energie die in de spoel opgeslagen is, gelijk aan:

$$E = 0.5 * L * I^2$$

In andere woorden: in een spoel kan de stroom niet plotseling veranderen. Als er een verandering in de spanning over de spoel optreedt, zal de spoel altijd een elektromagnetisch veld opwekken dat deze verandering tegenwerkt. Als je de stroom bijvoorbeeld onderbreekt, zal de spoel proberen de stroom in stand te houden door een zeer hoge spanning op te wekken over zijn aansluitingen. Normaal gesproken levert dat een vonk op waarmee de in de spoel opgeslagen energie vrijkomt. Dit specifieke gedrag van spoelen wordt gebruikt in boost converters om de spanning tot boven de batterijspanning op te jagen.

Materialen zoals ferriet kunnen toegepast worden om de magnetische flux in een spoel te vergroten. Als een stuk ferriet in een magnetisch veld geplaatst wordt, richten de magnetische deeltjes in het materiaal zich in de richting van het veld en vergroten zo de flux. Op deze manier kunnen de spoelen kleiner gemaakt worden en met minder windingen waardoor de serieweerstand afneemt en dus de verliezen. Het richten van de magnetische deeltjes in het ferriet kost overigens wat energie, maar in goed ferriet is dat maar heel weinig. Dat uit zich in warmte, dus hoe heter het ferriet, hoe slechter het materiaal en hoe groter de verliezen.

Met het toenemen van het magnetisch veld richten steeds meer deeltjes in het ferriet zich in de veldrichting. Op een bepaald moment zijn alle deeltjes gericht en dan zeggen we dat het ferriet verzadigd is.



Diverse ferrietkernen

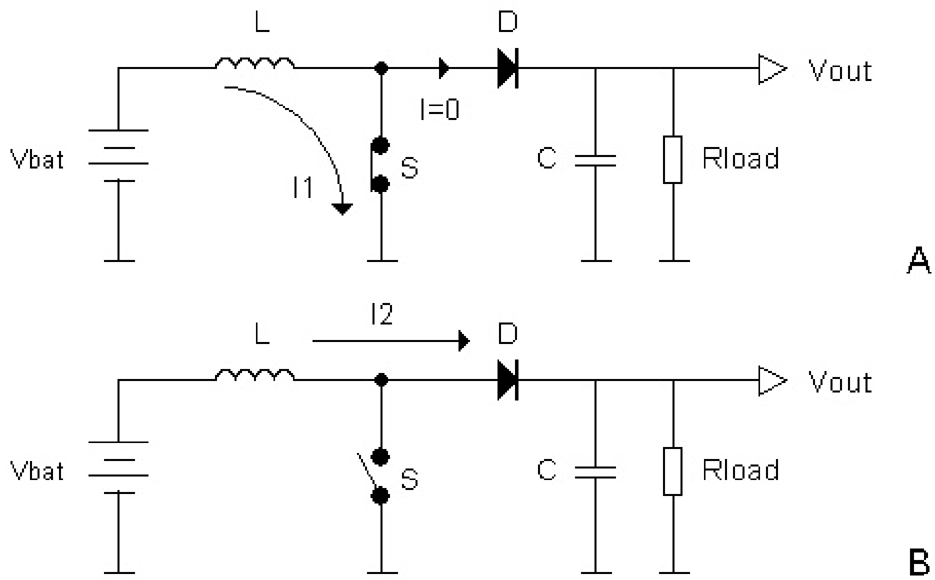
Elke verdere toename van de stroom levert vervolgens nog maar een geringe toename van de flux op, feitelijk alsof het ferriet er niet meer is. Aangezien de meeste ferrieten een heel hoge permeabiliteit hebben, kunnen kleine stromen al tot een grote magnetische flux leiden. Als gevolg daarvan raakt het ferriet al in de verzadiging bij stromen die voor vermogensoverdracht toepassingen niet praktisch zijn.

Daarom hebben ferrietkernen voor spoelen en transformatoren in dit soort toepassingen altijd een luchtspleet. Die luchtspleet reduceert de effectieve permeabiliteit en dus de magnetische flux. Hoe groter de luchtspleet, hoe groter de afna-

me van de flux en hoe hoger de stroom die de spoel nog aan kan. We zeggen dat de magnetische energie opgeslagen is in de luchtspleet. Op de foto op de vorige bladzijde zie je diverse spoelen uit DC/DC omzetters die afkomstig zijn van printplaten van oude PCs, Laptops etc. Ben je van plan met DC/DC omzetters te gaan spelen, koop dan op zijn minst één fatsoenlijke spoel met bekende parameters als inductie, serieweerstand en maximale stroom. De spoel op de voorgrond is de 100uH "referentie" spoel die in de komende voorbeelden toegepast is.

De Boost converter

De boost converter is waarschijnlijk de eenvoudigste van alle schakelende voedingen. Hij gebruikt een enkele spoel zonder de noodzaak voor "moeilijke" transformatoren. De werking kan het best uitgelegd worden aan de hand van het vereenvoudigde schema in Figuur 2. Hier wordt de transistor voorgesteld door een ideale schakelaar en is alle stuurlogica weggelaten. Het verbruik van een paar NIXIE buisjes wordt gesimuleerd met de belastingsweerstand Rload. Een hoogspanningscondensator C wordt gebruikt voor het bufferen van de uitgangsspanning. Bij toepassing als omvormer voor de voeding van NIXIE buisjes is de ingangsspanning ongeveer Vbat=12V en de uitgangsspanning Vout=180V.



Figuur 2. De Boost converter

Op tijdstip t=0 sluit de schakelaar (Figuur 2A). Als gevolg daarvan gaat de stroom door de spoel lineair toenemen volgens de formule:

$$I = \frac{V_{bat} * t}{L}$$

Op een bepaald moment wordt de schakelaar weer geopend door het stuurcircuit (Figuur 2B). De stroom heeft op dat moment een bepaalde waarde I_{peak} bereikt. Zoals hiervoor beschreven zal de spoel proberen de stroom door zijn windingen koste wat kost in stand te houden. De schakelaar is open, dus is de enige manier waarop de spoel dat kan doen via diode D zodat de stroom (en dus de energie) gedumpt kan worden in buffercondensator C. Hou hierbij in gedachten dat de condensator gelaten was tot 180V! Wil de diode dus in geleiding komen, dan moet de spoel een elektro motorische kracht (ofwel inductie spanning) van ongeveer 180-12=168V opwekken, met een soort gecontroleerde vonk. De stroom neemt nu snel af volgens:

$$I = I_{peak} - \frac{V_{out} * t}{L}$$

Met V_{bat}=12V en V_{out}=180V betekent dit dat het slechts een vijftiende (180/12) van de tijd duurt die nodig was om I_{peak} te bereiken met de schakelaar gesloten, om weer van I_{peak} naar 0 te komen met de schakelaar open. Na verloop van tijd herhaalt het hele proces zich met een snelheid van f keer per seconde.

Tot zover gaat alles goed. De boost converter heeft echter een serieus nadeel. Om dat te kunnen begrijpen moeten we even naar de schakelaar kijken die we gebruikten. In een praktijkschakeling zal hoogstwaarschijnlijk een power MOS transistor gebruikt worden als schakelaar. In de boost converter moet deze transistor zowel bestand zijn tegen de hoge stroom als de schakelaar gesloten is, als de hoge spanning die ontstaat als de schakelaar opent! Dat is voor de transistor

een moeilijke combinatie. Om de transistor bestand de maken tegen deze hoge spanning, moet de fabrikant van de transistor in het materiaal rekening houden met regio's die deze hoge spanningen opvangen zodat de eigenlijke transistor niet kapot gaat. Maar, als de schakelaar gesloten is (de transistor is in geleiding), dragen deze regio's bij aan de parasitaire serieweerstand en vergroten aldus de AAN-weerstand R_{on}. Dat is de reden waarom dit type transistoren met hoge sperspanning altijd een hogere R_{on} hebben dan transistoren met een lagere sperspanning. Aangezien de stromen behoorlijk hoog kunnen zijn, betekent dit onvermijdelijk verlies in de vorm van dissipatie (warmte) in de transistor. Zoals we verderop zullen zien, wordt dat probleem opgelost in de fly-back converter door toepassing van een transformator.

Door de hoeveelheid energie die in de spoel opgeslagen is in balans te brengen met de hoeveelheid energie die in de belasting gedissipeer wordt, kan de uitgangsspanning van de boost converter berekend worden. Elke seconde wordt een hoeveelheid energie verstookt in de belasting die gelijk is aan:

$$\frac{V_{out}^2}{R_{load}}\ (J)\quad [1]$$

Als T de tijd is voor de totale cyclus, en x het deel is van T dat de schakelaar gesloten is, dan is de maximale stroom in de spoel:

$$I_{peak} = \frac{V_{bat}}{L} * x * T$$

Het energiepakketje dat de spoel per keer aflevert, is:

$$\frac{1}{2} * L * I_{peak}^2 = \frac{1}{2} * \frac{V_{bat}^2}{L} * x^2 * T^2$$

In één seconde worden f=1/T energiepakketjes afgeleverd, en dus is de hoeveelheid energie die per seconde afgeleverd wordt gelijk aan:

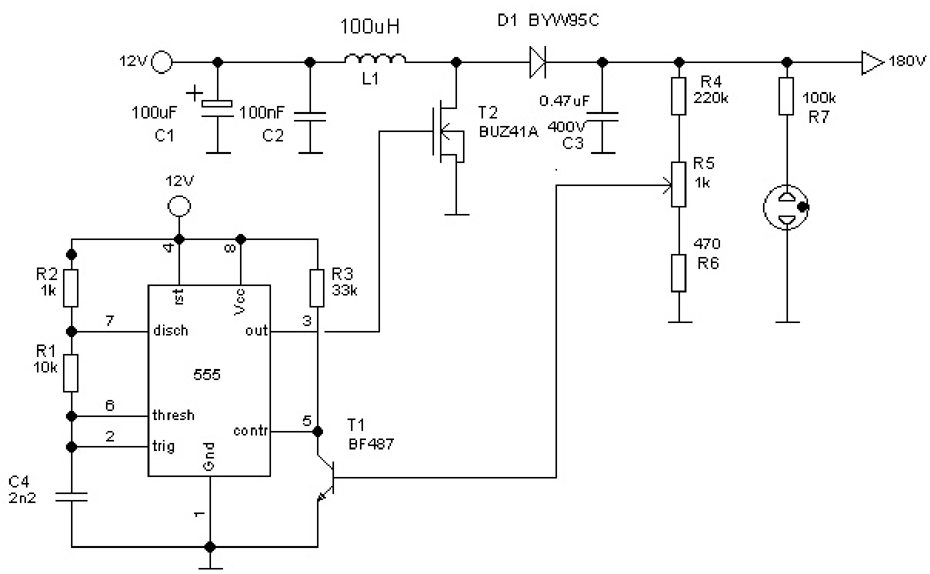
$$\frac{1}{2} * \frac{V_{bat}^2}{L} * x^2 * T\ (J)\quad [2]$$

Aangezien de zaak in stabiele toestand verkeert, moet de hoeveelheid afgegeven energie gelijk zijn aan de hoeveelheid opgenomen energie, en dus is [1]=[2]:

$$\frac{1}{2} * \frac{V_{bat}^2}{L} * x^2 * T = \frac{V_{out}^2}{R_{load}}$$

$$V_{out} = V_{bat} * x * \sqrt{\frac{R * T}{2 * L}}$$

Wil je een eenvoudige DC/DC converter bouwen voor bijvoorbeeld het aansturen van NIXIE buisjes en maak je je niet al te druk om de efficientie van het geheel, ook niet als dat betekent dat je een (kleine) koelplaat op de power transistor moet zetten, dan is de boost converter de beste keuze. Maar zelfs als je overweegt om een echte fly-back converter te gaan bouwen dan is het een goed idee om te starten met een eenvoudige boost converter. De boost converter heeft slechts een algemeen verkrijgbare spoel nodig en als hij het eenmaal doet is hij eenvoudig om te bouwen naar een fly-back converter door middel van een paar kleine modificaties. Het schema in figuur 3 is erg eenvoudig en volgt in grote lijnen de opzet van figuur 2. Voor de transistor wordt een BUZ41A toegepast. Deze transistor is gespecificeerd voor een maximum Vds=500V en een on resistance van 1.5ohm bij 4.5A. Vervangingstypes of betere types zoals de IRF730 doen het ook goed. De diode moet een snel schakeltype zijn zoals een BYW95C of beter. Een oude (computer) voeding kan je al een hoop onderdelen



Figuur 3. Eenvoudiger boost-converter met 555 als stuurlogica.

opleveren. De gekozen spoel is een 100µH type met een paar tiende ohm serieweerstand en in staat om een paar Ampère te verwerken.

Het meest interessante deel van de schakeling is de manier waarop een ordinaire 555 gebruikt wordt om de uitgangsspanning te regelen. Tegenwoordig zijn er honderden besturings-IC's voor schakelende voedingen op de markt die een hoop geschikter zijn voor deze taak dan de 555. Maar het probleem van al deze IC's is dat als je er een schakeling mee bouwt en ergens in de toekomst gaat voor wat voor reden dan ook het IC in de fik, de kans dat dat IC dan uit productie is, meer dan waarschijnlijk is. De 555 is (erg) goedkoop, doet het goed genoeg en wordt waarschijnlijk over een eeuw nog steeds gemaakt.

Om te kunnen begrijpen hoe de besturing werkt is het het best om te begrijpen hoe de 555 precies werkt. Op het internet vind je daarover uitstekende documentatie[1][2]. Zonder R3 en T1 werkt de 555 als een normale astabiele multivibrator die loopt op een frequentie van:

$$f = \frac{1}{0.693 * C4 * (R_2 + 2 * R_1)}$$
$$= \frac{1}{0.693 * 2.2 * 10^{-9} * 2.1 * 10^4}$$
$$= 31.2kHz$$

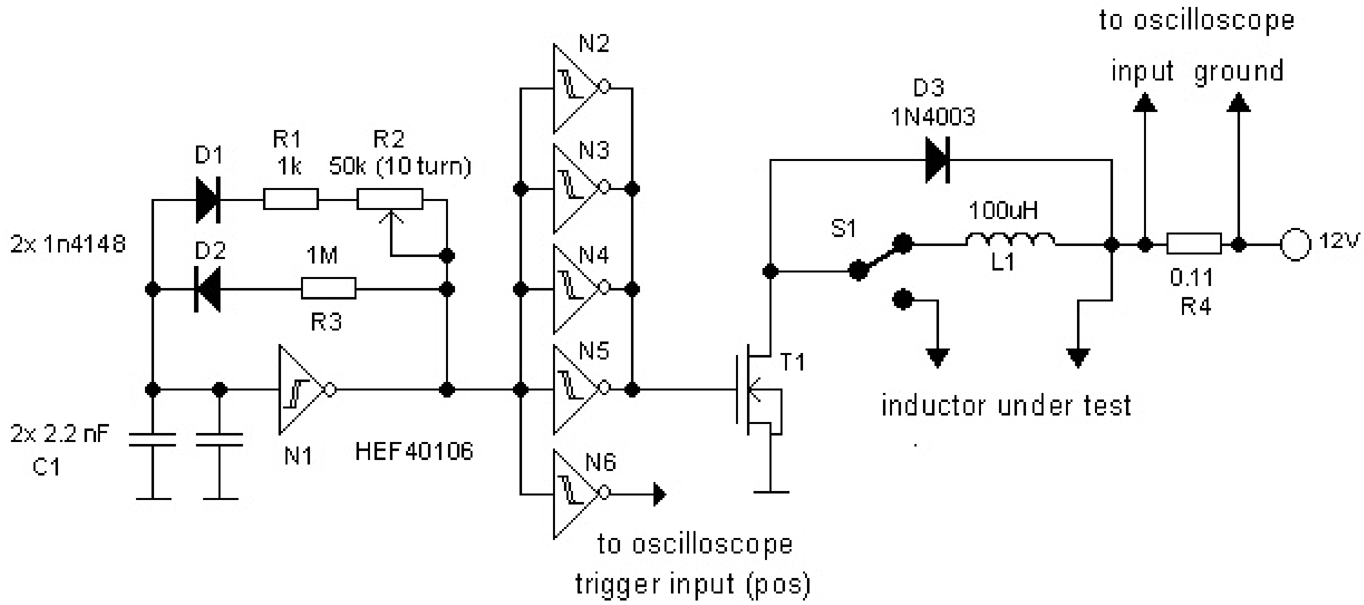
Zonder terugkoppeling is de uitgangsspanning bij deze frequentie dik over de 200V. Maar de spanningsdeler die gevormd wordt door R4, R5 en R6 is zo ontworpen en wordt zo afgeregeld dat als de uitgangsspanning de 180V bereikt, T1 net begint te geleiden. Dat is bij een basis-emitter spanning van ongeveer 0.8V. Weet dat een 555 werkt door het laden en ontladen van een condensator tussen 1/3Vcc en 2/3Vcc als gevolg van een intern weerstandsnetwerk. Zodra T1 begint te geleiden, trekt deze de interne voedingsspanning van dit netwerk omlaag waardoor er een kleinere werkspanning ontstaat en als gevolg daarvan een hogere frequentie. Uit de laatste formule op de vorige bladzijde weten we dat een hogere frequentie (kleinere T) resulteert in een lagere uitgangsspanning. Op deze manier wordt de spanning gestabiliseerd op een waarde die bepaald wordt door R5. Voor T1 is een hoogspanningstype gebruikt. Dat is zwaar overdreven: elke npn klein-signaal transistor met een fatsoenlijke versterking zal het goed doen. Een nadeel van dit soort eenvoudige controllers is dat er geen enkele kortsluit- of overbelastingsbeveiliging in zit. Het per ongeluk kortsluiten van de uitgang resulteert daarom per definitie in een overleden schakeltor. Maar goed dat ze zo goedkoop zijn...

Zit je nog in de testfase, dan is het het beste om een dummy load aan de uitgang te verbinden omdat de schakeling niet ontworpen is om zonder belasting te werken. Bepaal de stroom die de schakeling uiteindelijk moet gaan leveren en bereken daarna de dummy load volgens Rload=Vout/Itotal. Tijdens het testen kan deze weerstand dan je uiteindelijke belasting vervangen zodat daar geen schade kan ontstaan als er iets mis gaat.

Nog een opmerking over veiligheid. Hoewel de 180 Volt opgewekt wordt met een onschuldige 12 Volt, levert de aanraking van de geladen buffercondensator je een pijnlijke, mogelijk dodelijke ervaring op. Wees altijd heel voorzichtig! Zet bijvoorbeeld een neonlampje over de 180V zodat je altijd kunt zien dat er spanning op staat. Amateurs die nog in het buizentijdperk opgegroeid zijn, kennen het advies: Altijd 1 hand in je zak als je onder spanning werkt. Op die manier kan je hart nooit in de stroomkring komen te liggen.

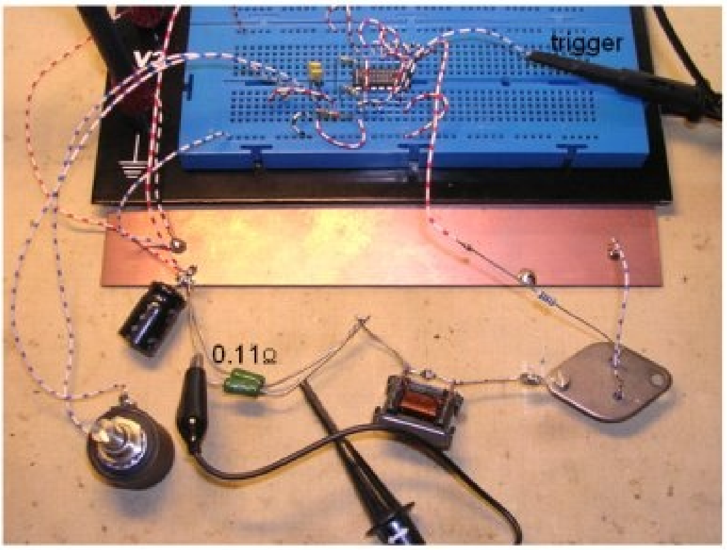
Spoelen testbank

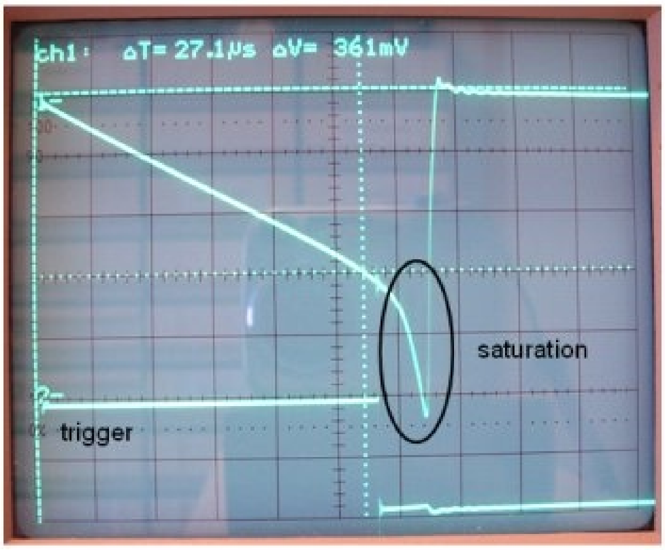
Als je wil beginnen met experimenten met boost of fly-back converters dan is het een goed idee om tenminste één spoel te kopen waarvan de parameters bekend zijn, en die kan dienen als referentie voor de spoelen of transformatoren die je zelf maakt. In het voorbeeld wordt een 100µH spoel gebruikt met ongeveer 0.2 Ohm serieweerstand die een paar Ampère aan stroom kan verwerken. Deze spoel is speciaal ontworpen voor SMP (Switched Mode Powersupply, schakelende voeding in goed Nederlands) toepassingen. Het schema in



Figuur 4. Testschakeling voor onbekende spoelen.

figuur 4 stelt je in staat om een onbekende spoel of transformator te vergelijken met de referentiespoel. De schakeling is ontworpen om de schakeling zo goed mogelijk de praktijksituatie na te laten bootsen zoals die optreedt in de hiervoor beschreven boost converter of de verderop beschreven fly-back converter. Feitelijk is de schakeling niets meer dan een spoel die door transistor T1 met de 12V voeding verbonden wordt. De stroom door de spoel wordt gemeten door een kleine serieweerstand R4. Een spanningsval van 100mV over R4 komt overeen met een stroom van ongeveer 1A. Als de transistor opent, kan de spoel zijn energie kwijt via diode D4. Omdat de spanningsval over de diode maar 0.6V is, duurt het ongeveer 12/0.6=20 keer zo lang voor de stroom om weer op nul te komen (volgens I=(V.t)/L). Om die reden wordt de gate van de transistor met een zeer asymmetrisch signaal aangestuurd dat opgewekt wordt door de oscillator rond N1-N6. De transistor aan-tijd wordt bepaald door C1 en R1+R2. R2 wordt zo ingesteld dat de aan-tijd van de transistor gelijk is aan de aan-tijd in de converter onder normale omstandigheden. De uit-tijd van de transistor wordt bepaald door C1 en R3 en is ongeveer een factor 20 langer dan de aan-tijd.





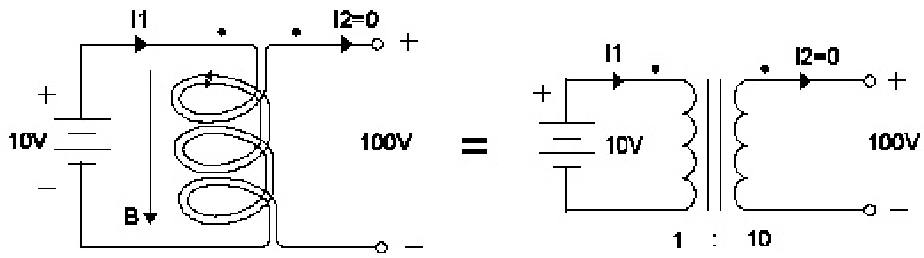
Figuur 5. De spoel-testbank (links) en een meting aan de referentiespoel (rechts)

In Figuur 5 (rechts) zie je een meting aan de referentiespoel. Je ziet dat met een voedingsspanning van 12V de stroom door de spoel oploopt naar I=V/R=0.361/0.11=3.28A in 27.1µs. Aangezien I=(V/L)t vinden we voor de spoel L=(V/I)t=(12/3.28)27.1=97.6µH. Niet slecht! Naarmate de stroom toeneemt zien we een punt waarop er een sterke toename van de stroom door de spoel plaatsvindt. Dat is het punt waar het ferriet in de verzadiging gaat. De spoel moet dus niet onder omstandigheden gebruikt worden waar deze toestand op kan treden.

Nu zou je wat verschillende spoelen uit bijvoorbeeld oude computervoedingen kunnen proberen. Schakelaar S1 maakt het eenvoudig om de onbekende zelfinductie te vergelijken met je referentiespoel. Een andere belangrijke waarde om in de gaten te houden is het stroomverbruik van de testschakeling. Een toename in de verliezen in de spoel zie je onmiddellijk terug als een toename van het stroomverbruik.

Over transformatoren

Er zijn een paar basisdingen die je moet weten over transformatoren om te begrijpen hoe fly-back converters werken. In Figuur 6 zie je een tekeningetje van een gewone spoel en het bijbehorende schema. Merk op dat beide windingen in een bepaalde richting lopen en dat gelijke richtingen aangegeven



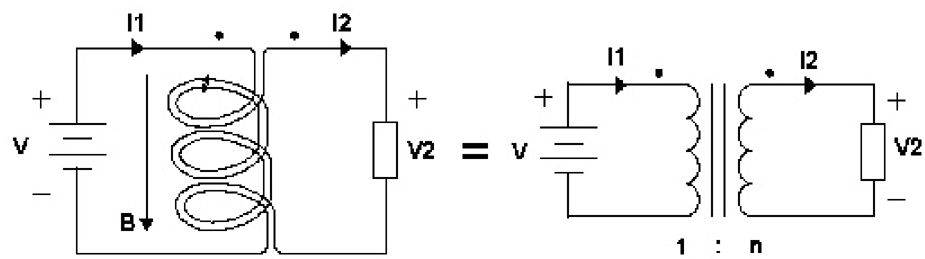
Figuur 6. Transformator met bijbehorend schema.

worden door een stip. In dit voorbeeld veronderstellen we dat de primaire kant van de transformator een bepaald aantal windingen heeft met zelfinductie L1. De secundaire kant van de transformator heeft tien maal zoveel windingen. Als gevolg daarvan heeft de secundaire kant een inductie van

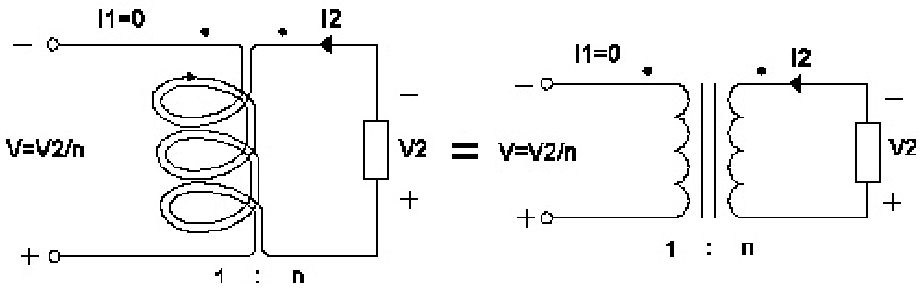
$$L2 = 10^2 * L1 = 100 * L1$$

Bekijken we eerst het geval dat de secundaire wikkeling niet aangesloten is. Wordt er een spanningsbron aangesloten op de primaire wikkeling dan neemt de stroom door de primaire wikkeling lineair toe volgens I=(V/L1)*t. Aangezien er door de niet-aangesloten secundaire wikkeling geen stroom kan vloeien, gedraagt de transformator zicht als een normale spoel met zelfinductie L1. De toenemende primaire stroom genereert een magnetisch veld dat niet alleen door de primaire wikkeling, maar ook door de secundaire wikkeling omvat wordt. Zou de secundaire wikkeling uit net zoveel windingen bestaan als de primaire wikkeling, dan is het om redenen van symmetrie eenvoudig te begrijpen dan de spanning over de primaire en secundaire wikkeling gelijk zou zijn. In dit geval hebben we 10 keer zoveel windingen aan de secundaire kant. Dat kan je beschouwen als 10 spoelen in serie die elk 10V opwekken, zodat in totaal 100V opgewekt wordt aan de secundaire kant. De spanning van 100V aan de uitgang blijft staan zolang de stroom lineair toe blijft nemen. In de praktijk betekent dit totdat hij een maximum bereikt b.v. door een stuurschakeling, of totdat de kern in de verzadiging gaat.

Vervolgens wordt de secundaire wikkeling met een belasting verbonden waardoor er een stroom kan gaan lopen (Figuur 7). Wordt de primaire wikkeling nu met een spanningsbron verbonden, dat begint er een stroom te lopen door die pri-



Figuur 7. Transformator met belaste secundaire wikkeling.



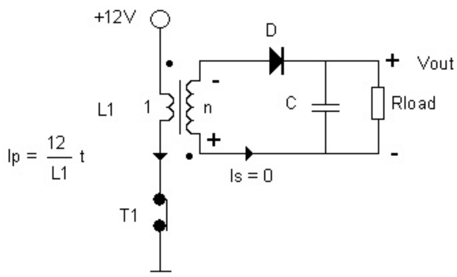
Figuur 8. De transformator in Fly-back.

maire wikkeling die resulteert in een magnetisch veld zoals aangegeven door de pijl. Uiteraard loopt dat magnetisch veld ook door de secundaire wikkeling. We hebben gezien dat een spoel een verandering in het magnetisch veld zal tegenwerken. Om dat toenemende magnetische veld tegen te werken, begint er een stroom in tegengestelde richting door de secundaire wikkeling te lopen zoals aangegeven in figuur 7, met als gevolg een spanningsval over de belasting zoals getekend.

Tenslotte wordt de spanningsbron aan de primaire kant plotseling verwijderd (Figuur 8). De enige manier waarop de secundaire wikkeling kan voorkomen dat het magnetisch veld ineens in elkaar zakt, is door het omkeren van de stroom door de secundaire wikkeling. Als gevolg daarvan verandert de polariteit van de spanning over de belasting. Merk daarbij op dat de spanning over de secundaire wikkeling oploopt tot elke waarde die noodzakelijk is om een constant magnetisch veld in stand te houden. De magnetische energie die opgeslagen is in de spoel wordt gedumpt in de belasting volgens Vout/L2.

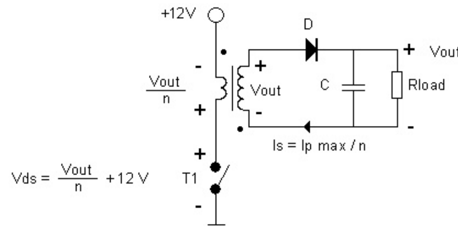
De fly-back converter

In figuur 9 zie je de basiscomponenten die samen een fly-back converter vormen. Ook hier is alle stuur-electronica weggelaten, en de schakelende MOSFET wordt voorgesteld door een ideale schakelaar.



Figuur 9. Fase 1: het opslaan van energie in de spoel

Voor dit moment veronderstellen we dat op tijdstip t=0 de buffer condensator geladen is tot de nominale uitgangsspanning V_{out} en dat de stroom door de primaire wikkeling van de transformator nul is. Op t=0 sluit de schakelaar en er begint een stroom te lopen door de primaire wikkeling. Dit induceert een spanning over de secundaire wikkeling met een polariteit zoals aangegeven (zie uitleg hiervoor). Omdat de diode nu spert, loopt er geen stroom, dus feitelijk betekent dit dat de secundaire wikkeling "niet aangesloten" is. Met andere woorden: aan de primaire kant van de transformator zien we slechts een "gewone" spoel. Als gevolg daarvan neemt de stroom in de primaire wikkeling lineair toe volgens I=(12/L1)*t. Gedurende de tijd dat de schakelaar gesloten is, is de geïnduceerde spanning over de secundaire wikkeling n*12V, waarbij n de wikkelverhouding is, dus hier 10. Dat betekent dat de diode minimaal n*12+Vout in sperrichting moet kunnen verdragen.



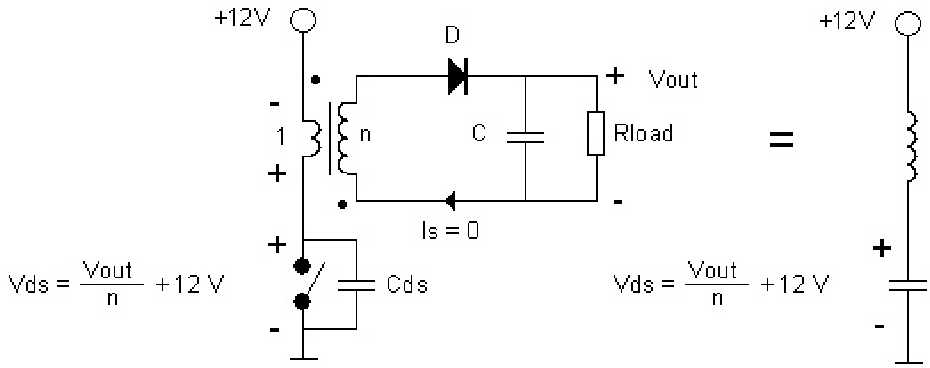
Figuur 10. Fase 2: het dumpen van de energie in C

Op een bepaald moment opent de schakelaar (Figuur 10). Laten we de stroom die door de primaire wikkeling liep net voor het openen van de schakelaar, I_{peak} noemen. De energie die dan op het moment van openen opgeslagen is, is $0.5*L1*(I_{peak}*_{Ipeak})$. De transformator wil het magnetisch veld in stand houden. Aangezien de stroomkring aan de primaire kant onderbroken is, kan de spoel dit alleen voor elkaar krijgen door secundair een spanning op te wekken die hoog genoeg is om de diode in geleiding te brengen (dus meer dan V_{out}). De beginwaarde van de stroom is dan $I2=I_{peak}/n$. Gedurende de tijd dat de diode in geleiding is, is de spanning over de secundaire wikkeling gelijk aan V_{out}+0.7V. De 0.7V is de spanningsval over de diode en kan je bij dit soort hoge

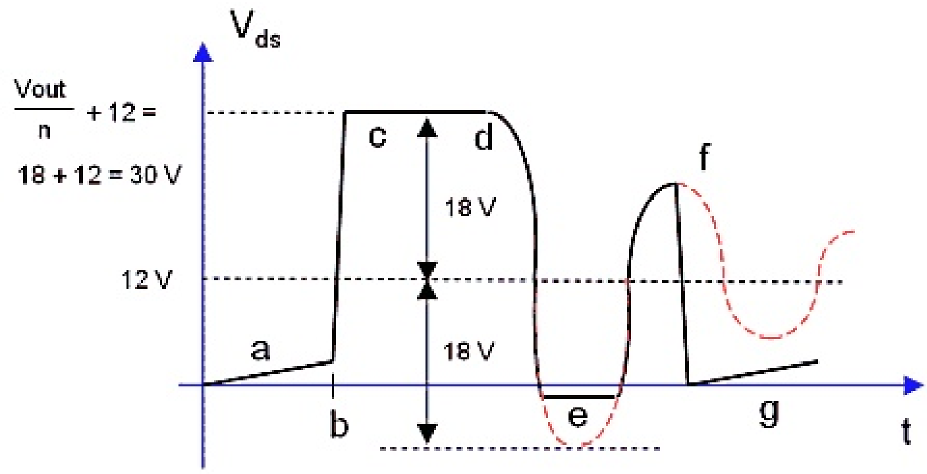
uitgangsspanningen verwaarlozen. De transformator transformeert deze spanning omlaag naar V_{out}/n. Dus is de spanning die de schakelaar moet kunnen verdragen in open toestand gelijk aan $12+(V_{out}/n)$.

Feitelijk is dit een enorm voordeel van de fly-back converter ten opzichte van de boost converter. In een boost converter moet de schakeltransistor (MOSFET) een hoge stroom verwerken tijdens de aan-fase en een hoge spanning weerstaan tijdens de uit-fase. In de fly-back converter wordt de spanning tijdens de uit-fase omlaag getransformeerd naar een waarde die afhangt van de wikkelverhouding. Dat betekent dat een MOSFET met een veel lagere R_{on} toegepast kan worden (zie de uitleg over de boostconverter). Tevens moet in de boost converter de diode bestand zijn tegen een hoge stroom tijdens de aan-fase en een hoge spanning tijdens de uit-fase. In de fly-back converter hoeft de diode aan de secundaire kant alleen maar een hoge spanning te weerstaan terwijl de stroom laag is (I_{peak}/n). Dat maakt het mogelijk om een diode te selecteren met lagere capaciteiten en dientengevolge hogere schakelsnelheid. Dat draagt allemaal bij aan minder verliezen en dus verbeterde efficientie.

Dit gaat door tot alle energie die opgeslagen was in de transformator gedumpt is in de buffer condensator. Op dat moment wordt I2 nul (Figuur 11).



Figuur 11. Fase 3: Energie-dump compleet, Drain-Source capaciteit ontladen.



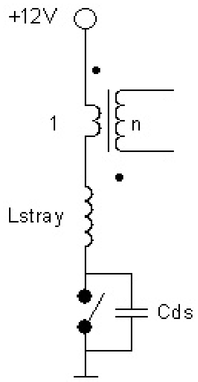
Figuur 12. Spanning over de schakeling tijdens alle drie de fasen.

En dan verdwijnt de elektromotorische kracht die aan de primaire kant geïnduceert was (V_{out}/n). Maar de parasitaire capaciteit van de schakelaar (source-drain capaciteit van de MOSFET) was geladen tot $(V_{out}/n)+12$ V. Aan de primaire kant ontstaat nu een seriekring in resonantie met een geladen condensator (Figuur 11 rechts). Dat veroorzaakt een gedempte oscillatie.

Figuur 12 toont schematisch de drain-source spanning (de spanning over de schakelaar) tijdens alle fasen van de converter zoals hiervoor beschreven. Tijdens fase a is de schakelaar gesloten. Wat we zien is de spanningsval over de schakelaar als gevolg van de aanweerstand die niet gelijk aan nul is. Tijdens deze fase neemt de stroom lineair toe en dus neemt ook de spanning over R_{on} lineair toe. Op punt b opent de schakelaar. Secundair gaat nu stroom lopen en de uitgangsspanning verschijnt omlaag getransformeerd over de primaire wikkeling. De totale spanning over de schakelaar is nu $12+(V_{out}/n)$ (Fig 12c). Bij punt d is alle energie gedumpt in de condensator en de secundaire stroom valt naar nul waardoor de geïnduceerde spanning aan de primaire kant verdwijnt. De geladen drain-source condensator, nu ineens verbonden met de zelfinductie van de primaire wikkeling, raakt in een gedempte oscillatie (Fig 12e). Bij punt f sluit de

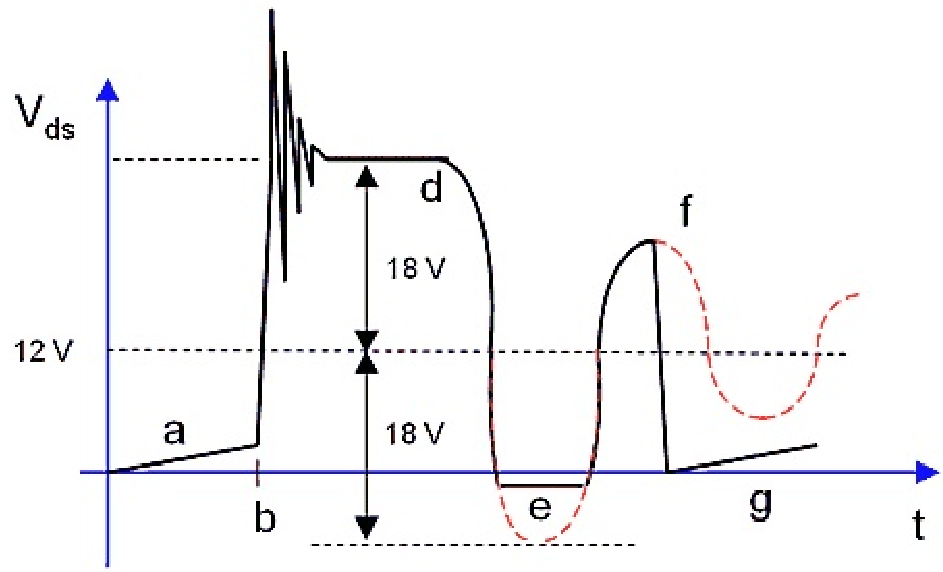
schakelaar weer en de nog overgebleven energie in de LC kring wordt opgestookt in de transistor.

Dat laat nog één klein fenomeen onverklaard. Geen enkele transformator is ideaal. Er zullen altijd magnetische veldlijnen zijn die door de primaire wikkeling gegenereerd worden en die niet (volledig) omvat worden door de secundaire wikkeling. Dat veroorzaakt een strooi-inductie die voorgesteld kan worden als een kleine spoel in serie met de primaire wikkeling van de transformator (Figuur 13). We hebben gezien dat alle energie die opgeslagen was in de transformator, gedumpt wordt in de buffercondensator. Dat geldt niet voor de (kleine) hoeveelheid energie in de strooi-inductie. Daardoor levert het plotseling openen van de schakelaar een scherpe spanningspiek op, net zoals bij elke spoel die plotseling losgekoppeld wordt van een stroombron. De kleine strooi-inductie in serie met de source-drain capaciteit veroorzaakt een gedempte hoogfrequente trilling (Fig. 14).



Figuur 13. Strooi-inductie

Indien noodzakelijk kan de schakeltransistor beveiligd worden tegen de hoge piekspanning door een RC snubber netwerk (een lage weerstand in serie met een condensator) of door een zenerdiode die de maximum source-drain spanning beperkt.



Figuur 14. Hoogfrequente trillingen als gevolg van strooi-inductie.

Tot slot kan je voor jezelf nagaan dat de vergelijkingen voor het berekenen van de uitgangsspanning van de boost converter ook gelden voor de fly-back converter. Dat is niet echt een verrassing; net als bij de boost converter is de fly-back converter gebaseerd op het dumpen van de energie van een spoel of de primaire wikkeling van een transformator in de belasting. Het enige wat de transformator doet is de spanning over de schakelaar verlagen.

Een Fly-back converter

Na alles wat we tot nu toe gezien hebben, zal het schema van de fly-back converter geen verrassingen bevatten (Fig.15). Het enige echte verschil met de boost converter is dat de spoel vervangen is door een transformator, en dat de transistor vervangen is door een BUZ21. De BUZ21 heeft een veel lagere aan-weerstand (R_{on}=0.085 ohm) vergeleken met de BUZ41A (R_{on}=1.5 ohm) maar heeft daarnaast een lagere

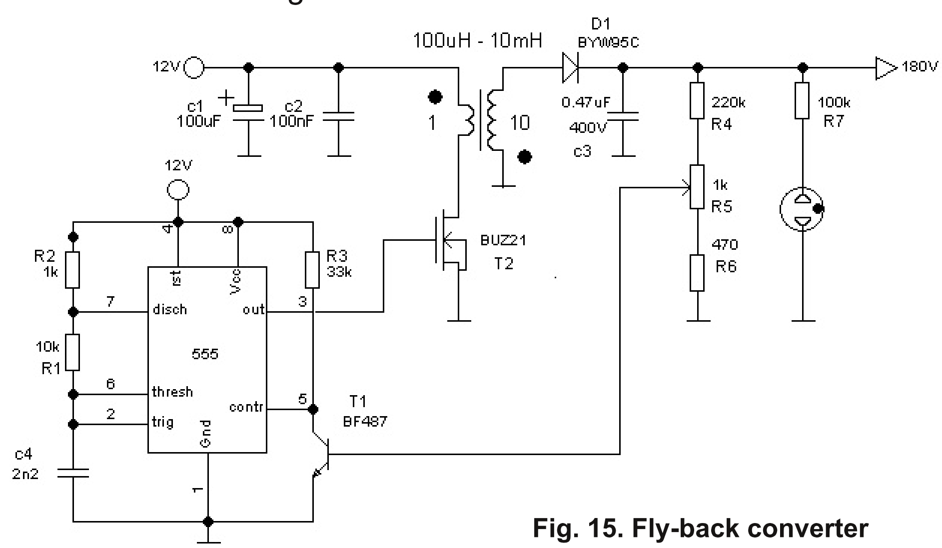
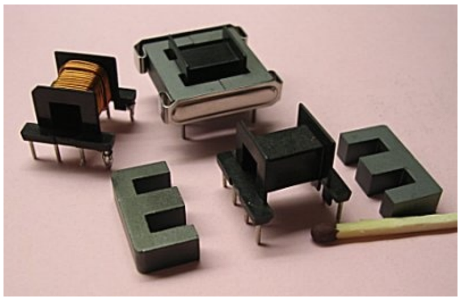


Fig. 15. Fly-back converter

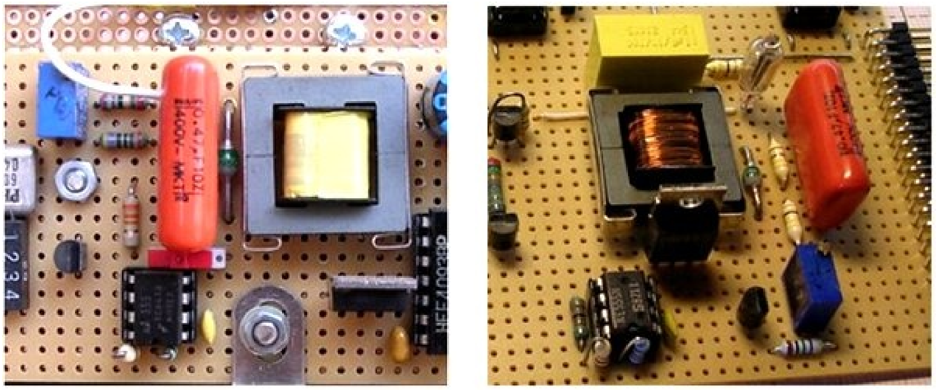
maximale drain-source spanning (100V tegen 500V).

Het moeilijke stuk is de transformator. Moeilijk in de zin van dat je die zelf moet maken. Wat het echt moeilijk maakt, is het vinden van een geschikte ferrietkern omdat de weinige nog overgebleven onderdelenleveranciers vaak maar een paar types op voorraad hebben. De hier gebruikte ferriet E-kern meet 20x20x5 mm (Fig. 15).

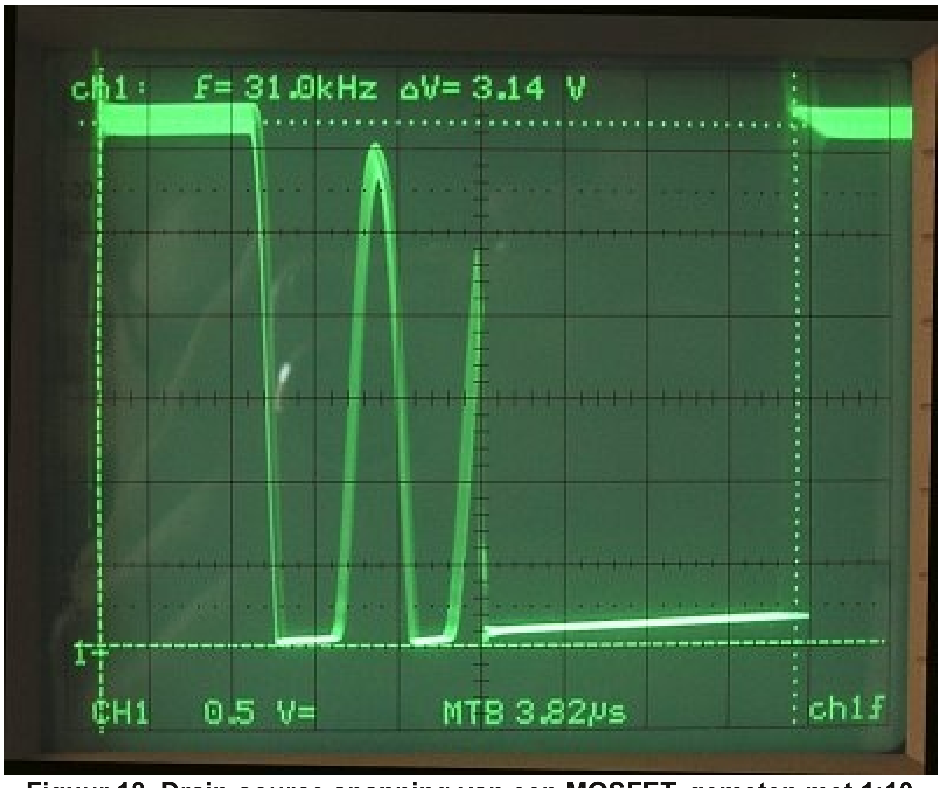


Figuur 16. E-ferrietkern

Wat is de beste strategie om achter het aantal windingen te komen die je op je ferrietkern moet leggen? Leg om te beginnen je spoel op de testbank om te vergelijken met de referentiespoel van 100 µH. is dit je eerste fly-back converter, probeer dan eerst eens de ferrietkern zonder luchtspleet. Iedereen noemt het altijd luchtspleet, maar feitelijk wordt een afstandshouder bedoeld, meestal gemaakt van plastic (tape). Dus begin eens met 10 of 20 windingen zonder luchtspleet. Wat je waarschijnlijk zult zien op de testbank, is een te hoge inductie (langzamer toename van de stroom vergeleken met de 100 µH spoel). Tevens zal je zien dat het ferriet al bij lage stroomsterkten in de verzadiging gaat. Tijd voor de afstandshouder. Plak een stuk tape op de kern



Figuur 17. Twee voorbeelden van een fly-back converter op experimenteerbord.



Figuur 18. Drain-source spanning van een MOSFET, gemeten met 1:10 probe

en snijdt met een scheermes de overtollige tape weg zodat alleen de contactvlakken voorzien zijn van tape. Als je nu de spoel test, zal je zien dat je een veel lagere inductie meet en een hogere verzadigingsstroom. Waarschijnlijk moeten er wat windingen bij of af om aan de 100 µH te komen. Voor de primaire wikkeling is 0.4 (of 0.5) mm geïsoleerd koperdraad gebruikt. Heb je het juiste aantal primaire windingen vastgesteld, dan moet de secundaire wikkeling uit tien maal zoveel windingen bestaan. Daarvoor kan je 0.1-0.15 mm draad gebruiken. Het verdient aanbeveling om een stukje tape tussen twee lagen windingen aan te brengen om vonkoverslag te voorkomen.

Figuur 19 toont de drain-source spanning van een power MOSFET gemeten met een 1:10 probe. De 1- op de linker as markeert het 0 V ingangsniveau. Het plaatje is niet echt

scherp als gevolg van jitter die veroorzaakt wordt door 50Hz-rimpel op de voeding. Desalniettemin zijn diverse zaken uit figuur 14 herkenbaar. De herhalingsfrequentie is 32 kHz en de maximale spanning over de transistor is ongeveer 31 V conform de theorie. De spanning over de transistor oscilleert voor meer dan een periode voordat de transistor weer inschakelt. De hoogfrequent oscillaties als gevolg van de strooi-inductie zijn hier ook aanwezig, maar moeilijk te zien op de foto. De toenemende spanningsval over R_{on} tijdens de aan-fase is goed zichtbaar.

De hele converter kan makkelijk opgebouwd worden op een printje van minder dan 4x4 cm. In de toepassing als voeding voor een rij NIXIE-buisjes moet de converter rond de 6 tot 7 Watt leveren. Dat doet hij met een efficientie van ongeveer 80%. Niet spectaculair maar goed genoeg voor deze schakeling. Maar de converter kan ook gebruikt worden voor een niet al te zware buizenschakeling. Wil je er zelf een bouwen, veel plezier en succes!

Met dank aan Prof. Dr. Ir. Ronald Dekker van Philips Research voor zijn toestemming om zijn verhandeling over Fly-back converters te mogen gebruiken voor dit artikel.

[1] http://bit.ly/PnSoFx
[2] http://bit.ly/XOLKYI



Afdelingsnieuws

Oktober is per traditie JOTA maand, en ook dit keer hebben diverse amateurs van binnen en buiten de RAZ ondersteuning verleend. Dit jaar waren we met een comfortabel grote crew: Henny PA3HK, Gert PE0MGB, Robert PA2RDK, Ben PA0BDW (die tevens zijn call ter beschikking stelde voor de JOTA als PA0BDW/J), Mariëtte PA1ENG, Jasper PB2JJ, Paul PA3DFR, Frank PA3CNO en Mark PD2ND. Met de steun van Paul Voorn van Fugro maakte dat een 10-koppige bemanning voor het begeleiden van de JOTA. Enige foto's willlen we jullie dan ook niet onthouden:



Ben PA0BDW assisteert bij het solderen van de bouwpakketjes



De gepionierde toren met als antennes een kruisyagi voor 2 meter, een yagi voor 2300MHz en een schotel voor 10GHz.



Mariëtte PA1ENG begeleidt de zend-activiteiten.



ATV-verbinding met Hans PE1DWA



Bij JOTA-activiteiten hoort ook het versterken van de inwendige mens



Crew en scouts aan de gezamenlijke maaltijd, met schitterend weer voor oktober.

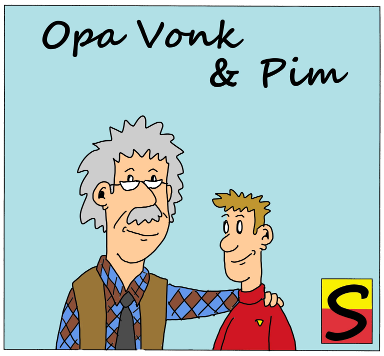
Zoals uit de foto's blijkt was het weer een zeer geslaag evenement. Er waren vele activiteiten voor de scouts in alle leeftijdsgroepen: Morse spel, zenden, APRS, zoekspoelen, vossejagen, bouwpakketjes solderen en oude apparaten slopen. En alles werd even enthousiast beleefd. Met dank aan allen die deze dag tot een succes hebben gemaakt.

Afdelingsbijeenkomsten

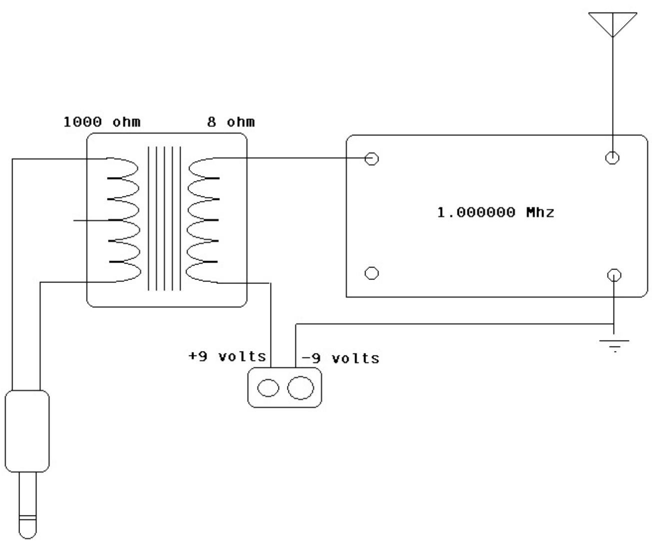
Deze maand zijn de afdelingsbijeenkomsten op woensdag 14 en 28 november. 14 november is de eerste bijeenkomst van de maand, dus zal de QSL-manager aanwezig zijn voor het brengen en halen van de QSL-kaarten. Niet vergeten dus!

Winter project

Degenen die ons regelmatig volgen weten inmiddels wel dat we met een bouwproject bezig zijn dat als kit beschikbaar moet komen. Dat wordt een volledig portable QRP PSK31 transceivertje. In het project is echter een kleine vertraging geslopen. Hadden we eerst vertraging in de levering van de printen, bij het bouwen van het eerste prototype werkt de zender niet zoals verwacht. Omdat we 100% zeker willen zijn dat nabouw altijd tot succes leidt, nemen we wat meer tijd om de fouten er uit te halen. Daarna krijgt iedereen de kans om zich in te schrijven. Meer nieuws volgt binnenkort.



"Vandaag gaan we een zendertje bouwen, hè Opa?", vroeg Pim hoopvol. "Dat had ik beloofd", zei Opa. "Dus zullen we dat eens gaan doen. Ik wil je wel waarschuwen: zenden zonder de vereiste machtiging is verboden. Ook al is het maar een zwak zendertje: officieel mag het niet". "Ja Opa", zei Pim gedwee, vast besloten om dat aan zijn laars te lappen. "Wat voor zendertje wordt het?". "Het makkelijkst is een AM-zendertje. Daarmee kan je een signaal maken dat door oude buizenradio's, maar ook door modernere ontvangers hoorbaar gemaakt kan worden. Ik begin met een hele simpele. Daarvoor gebruik ik zo'n kant en klare oscillator uit de computertechniek. Conrad levert die onder nummer 179426; een 1MHz oscillator. Verder gebruiken we een uitgangstransformatortje uit een oude transistorradio met een verhouding van 1000 op 8 Ohm. Ongeveer. Een 9V batterijtje en een 3,5mm stereo stekkertje doen de rest. In schemavorm ziet dat er als volgt uit:



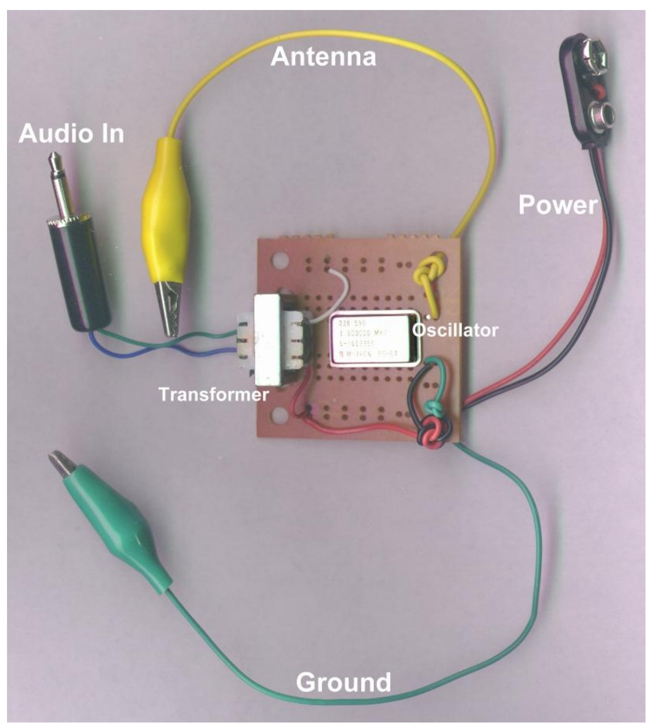
De oscillator is het hart van de zender. Hij heeft vier aansluitingen, maar we gebruiken er maar drie. Wordt er spanning aangesloten op twee van de draden, dan springt de derde aansluiting tussen 0 Volt en 5 Volt heen en weer, en wel één miljoen keer per seconde.

De oscillator is ingebouwd in een metalen doosje. De hoeken van het doosje zijn rond, behalve die linksonder, die rechthoekig is. Die geeft het ongebruikte pennetje aan. Dat draadje zit er om extra stevigheid te geven bij het solderen op een print, maar het is aan de binnenkant van het doosje nergens mee verbonden.

Het andere belangrijke onderdeel is de uitgangstransformator. In dit schema wordt die gebruikt als modulator. De modulator verandert de sterkte van de radiogolven met de sterkte van de stem of de muziek die we uit willen zenden.

Voor de beste resultaten wordt de laagohmige kant van de transformator in serie met de oscillator gezet. Dat betekent wel dat je signaalbron in staat moet zijn om een behoorlijke belasting aan te sturen, zoals een 8 ohm luidspreker.

Gebruik je een zwakkere signaalbron, zoals een iPod ander soort MP3 speler die alleen maar 32 Ohm oortelefoontjes aan kan sturen, dan kan je de transformator omdraaien, zodat de 1000 Ohm kant in serie met de oscillator staat, en de 8 Ohm kant met je signaalbron verbonden is. Dat levert je vermoedelijk wat minder prestaties op (minder modulatie) maar de kans dat er überhaupt wat te horen is, is wel groter. Het geheel is makkelijk op een stukje gaatjesprint te solderen:

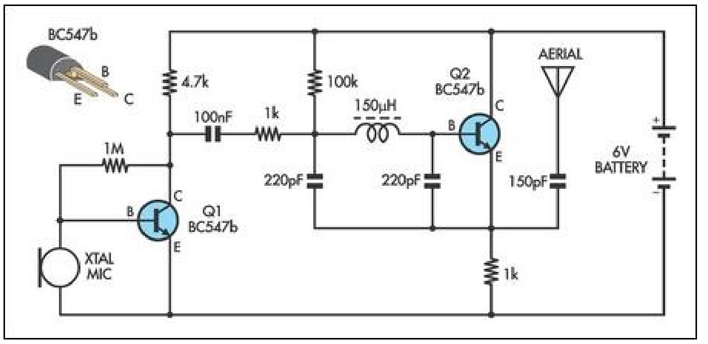


Heb je alles in elkaar zitten, dan kunnen we de zender testen. Steek de 3,5mm stekker in de koptelefoon aansluiting van de geluidsbron die je wil gebruiken, zoals een transistor radio, MP3-speler of CD speler.

Sluit de batterij aan.

Hou de zender in de buurt van een AM radio, en stem de radio af op 1000kHz in de middengolf, zodat je het geluid op de radio hoort. Regel het volume van je geluidsbron en de radio zo af dat je het beste geluid krijgt.

Zonder verbinding met een antenne of goede aarde, werkt de zender maar tot een tiental centimeters van de ontvanger. Voor een beter bereik kan je de massa van de zender aan bijvoorbeeld de waterleiding verbinden, en de antenne aansluiting aan een lang stuk draad, zoals we voor de kristalontvanger gebruikt hebben. Maar voor gebruik hier in huis is een paar meter draad meer dan genoeg. Ik hoef niet de Radio-controledienst voor mijn deur", grinnikte Opa. Pim zat even met zijn digitale wekkerradio te spelen, en zei toen tegen Opa: "Opa, ik kan mijn radio helemaal niet afstemmen op 1000kHz! Hij maakt stapjes van 9kHz tegelijk lijkt het wel!". "Weer zo'n ding dat door digifielen gemaakt is", mopperde Opa. "Om radio's met synthesizer afstemming makkelijker te maken, heeft men een aantal jaren terug afgesproken dat alle radiostations op de lange- en middengolf uit moeten zenden op een frequentie die deelbaar is door 9. Daarom moest ook de bekende zender van Droitwich, die door veel amateurs als frequentiestandaard werd gebruikt, van 200kHz verhuizen naar 198kHz. Het gevolg daarvan is wel dat jouw wekkerradio geen 1000kHz meer kan ontvangen. Maar als je 'm op 999kHz zet zal hij het ook wel ontvangen hoor. Vind je dat echt een probleem, dan heb ik hier een iets moeilijker zendertje voor je:



Hier zitten échte onderdelen in. Transistor Q2 is de oscillator/zender die voor de opwekking van het signaal zorgt. De spoel van 150uH en de twee condensatoren van 220pF zorgen voor de frequentie-opwekking. Door een trimmertje over een van de twee condensatoren te zetten, kan je de zender enigzins afstemmen zodat hij op een veelvoud van 9kHz gezet kan worden. Transistor Q1 is de versterker en modulator. Er wordt hier een kristalmicrofoon toegepast omdat die extra veel signaal afgeeft. Maar een electret microfoontje mag hier ook. Ik heb ze allebei", zei Opa. "Dié ga ik bouwen!", riep Pim enthousiast, en dook Opa's piephok in. Na een uurtje schalde de muziek door het huis. "Zo", zei Opa. "Is het gelukt?" "Perfect!", riep Pim enthousiast. "Ik kan nu mijn eigen programma's gaan maken voor Oma!", voegde hij daar aan toe. "Nou, dan zet ik even een koptelefoon op om naar mijn eigen lawaai te luisteren", knipoogde Opa. Maar Pim luisterde al niet meer en stortte zich helemaal op zijn nieuwe zender.



Heb je een vraag voor Opa Vonk?

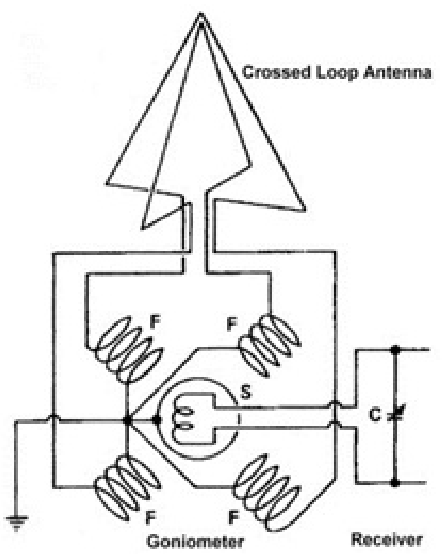
Mail je vragen naar opavonk@pi4raz.nl

AN/ARN-6 Radio Compass, een bijzondere omroepdoos

Mans Veldman, PA2HGJ

Inleiding Radiopeiling 1)

Al vanaf het eerste begin van de radio was men geïnteresseerd in mogelijkheden om “verboden” zenders op te sporen. Met gewone (kristal)ontvangers was dit niet mogelijk. Een, door twee Italianen, Bellini en Tosi, in 1914 ontwikkeld ontvangsttoestel maakte het wel mogelijk. Het bestaat in wezen uit twee onderling geïsoleerde antennes welke loodrecht op elkaar staan. De antennes hebben de vorm van een gelijkbenige driehoek waarbij de basis, welke evenwijdig aan het aardoppervlak loopt, in het midden onderbroken is. Hiervandaan gaan draden naar een z.g. goniometer.



De goniometer is een eenvoudig, maar zeer precies gemaakt instrument. Een rechthoekig doosje van geïsoleerd materiaal waar twee spoelen omheen zijn gewikkeld welke loodrecht op elkaar staan en die weer verbonden zijn met de onderbroken bases van de ontvangst antennes. Precies in het midden van de spoelen bevind zich een draaibare spoel welke verbonden is met de ingangskring van de ontvanger.

De eerste proeven met een goniometer in Nederland werden in 1915 gedaan door sergeant Veder (het gebruik van radio was in die dagen alleen voorbehouden aan het leger). U zult de naam Veder misschien herkennen? Veder was medeoprichter van de Ned. Vereniging van Radiotelegrafie (NVVR, later opgegaan in VERON) en oprichter van het Wetenschappelijk Radiofonds Veder.

Werking

Een aankomend golffront zal in beide antennes een spanning opwekken, welke in de aangesloten spoelen van de goniometer een HF stroom zal doen ontstaan. De velden van de beide spoelen zullen zich samenstellen en het resulterend veld zal in de spoel in het centrum van de goniometer een spanning induceren welke in de aangesloten ontvanger wordt gedetecteerd. Maximaal laagfrequent signaal zal ontstaan als de spoel in het centrum loodrecht staat op de richting van het resulterende veld. Dit is dan tevens de richting van het ontvangen golffront.

Aan de spoel in de goniometer is een bedieningsknop gekoppeld met een schaalverdeling in graden. De standen 0°, 180° en 90°, 270° komen overeen met de richting van de beide ontvangstantennes. De antennes werden in een vastgestelde positie (noord-zuid en oost-west) opgesteld. Werd er nu bijvoorbeeld een signaal gepeild op 45° dan trok men op een kaart een lijn vanaf de positie van het peilstation met een richting van 45° t.o.v. de noord-zuidrichting.

Men kan terecht stellen dat Bellini en Tosi aan de wieg hebben gestaan van het huidige RDF (Radio Direction Finding).

Radio Direction Finding

RDF in vliegtuigen maakt gebruik van een ontvangstsysteem in het vliegtuig en bakenzenders met een vaste, bekende positie. Deze Non-Directional Beacons (NDB) zenden uit in de langegolf band (200-400kz) en geven hun identificatie in morsecode. Naast het gebruik van NDB’s is het natuurlijk ook mogelijk om te peilen op andere zendstations (b.v. omroepstations) zolang hun

positie maar bekend is. Veel vliegers navigeerden in de praktijk op Radio Luxemburg. In Nederland zijn nog verschillende bakenzenders aanwezig maar deze laatste NDB's zullen langzamerhand gaan verdwijnen nu er voor navigatie volledig is overgestapt op het gebruik van VOR en satellietnavigatie. Het voordeel van ADF op langegolf is dat het signaal niet beperkt is tot zichtafstanden, maar de kromming van de aarde volgt. Er kan dus al op grote afstanden gepeild worden.

Navigeren met RDF.

De basis is het aanwijsinstrument in de cockpit. Het is in wezen een kompas met een extra wijzer die de positie van de peilantenne volgt. Ongeacht de kompasschaal is er een ding steeds gelijk: De naald wijst altijd naar het baken!
Er zijn in wezen twee soorten instrumenten. Met vaste- of instelbare schaal. Bij een vaste kompasschaal wijst 0 graden per definitie naar de neus van het toestel. Bij een instelbare schaal kan men met een knopje de richting (heading) gelijkzetten aan de koers die het toestel vliegt.

Vaste kompasschaal

0°, de neus van het toestel, wijst op de schaal altijd recht naar boven. Alle nummers komen overeen met de magnetische richting van het toestel. Stel dat we een koers van 345° vliegen en de wijzer toont dat het baken op 75° gepeild wordt. Het baken zit rechts van het midden dus tellen we 75° en 345° op en komen op een koers van 420°.



Omdat het kompas maar tot 360° gaat trekken we dat ervan af. De magnetische richting naar het baken is dus 60°.

Met de vaste schaal moet je dus wel een beetje thuis zijn in hoofdrekenen. Veel piloten vonden deze vorm van ADF een straf, vooral in slecht weer als er snel beslissingen moesten worden genomen.

Instelbare kompasschaal

De piloot kan bij dit kompas met de HDG (heading) knop op het kompas de schaal verdraaien en de magnetische richting van het toestel recht omhoog zetten (in ons geval weer 345°).



De wijzer geeft nu direct de richting naar het baken aan (60°) en kan direct worden afgelezen. Het enige waar men nog op moet letten is de schaal bij te stellen indien de koers van het toestel wijzigt.

De laatste en gemakkelijkste variant is die waarbij middels een gyroscoop de schaal automatisch de koers van het toestel volgt, maar dat valt verder buiten het bestek van dit artikel.

NDB's en Locators in Nederland [2)]

Er zijn nog een paar non-directional beacons en locators operationeel in Nederland. Een locator is een non-directional Beacon dat dienst doet als navigatiehulpmiddel voor het aanvliegen van een landingsbaan. Het staat vrijwel altijd recht voor een landingsbaan opgesteld, op een afstand van maximaal 10 zeemijl (18,5 km). Het gemiddelde bereik van een locator ligt rond de 15 zeemijl (28 km). Alle bakens zijn met frequentie en roepletters aangegeven op de landkaarten die de piloot gebruikt.
Veel peilontvangers kunnen zelf automatisch een baken volgen. Men noemt het dan een Automatic Direction Finder (ADF). Hiertoe wordt een loopantenne automatisch gedraaid en het ontvangen signaal wordt vergeleken met het signaal van een sense-antenne. Het resulterende signaal wordt versterkt en teruggekoppeld naar de besturing van de loopantenne.

Naam	CW id	Freq. kHz	Locatie	Type
Rotterdam	ROT	350,5	Oud-IJsselmonde	NDB
Lelystad	LLS	326	Lelystad Airport	NDB
Eindhoven	EHN	397	NO van Eindhoven Airport	NDB
Rotterdam	RR	404,5	Landingsbaan 24, oostenlijk van Gouda	Loc.
Rotterdam	PS	369	Landingsbaan 06, bij Zwartewaal	Loc.
Schiphol	OA	395	Landingsbaan 18C	Loc.

Aantal van de nog aanwezige, door mij met de AN/ARN-6 ontvangen bakens.

Veel peilontvangers kunnen zelf automatisch een baken volgen. Men noemt het dan een Automatic Direction Finder (ADF). Hiertoe wordt een loop-antenne automatisch gedraaid en het ontvangen signaal wordt vergeleken met het signaal van een sense-antenne. Het resulterende signaal wordt versterkt en teruggekoppeld naar de besturing van de loopantenne.

AN/ARN-6

De equipment aanduiding AN/ARN-6 komt uit het “Joint Army-Navy Nomenclature System” (AN/) De volgletters (ARN) duiden de functie aan (in dit geval: Airborne Radio Navigation) het cijfer (6) is een volgnummer.

algemeen

De AN/ARN-6 is een ADF systeem. Het bestaat uit de ontvanger R-101, een bedieningskastje voor in de cockpit, een loopantenne, een sense-antenne (om automatisch te peilen, en 180° foutpeiling te voorkomen) en een aanwijskompas met wijzer dat de positie van de loopantenne aangeeft. Zie de pagina uit het manual met afbeeldingen van de losse componenten van het AN/ARN-6 systeem.

De AN/ARN-6 is vanaf 1945 tot ver in de jaren ’60 in gebruik gebleven bij zowel luchtmacht als burgerluchtvaart. De eerste toepassing was als opvolger van de AN/ARN-7 (geen typefout: de AN/ARN-6 kwam NA de AN/ARN-7) in de Amerikaanse B-17 bommenwerper Zie tekening Comm. System B-17.

Het bedieningskastje en indicator (kompas) bevinden zich in de cockpit. De loopantenne bevindt zich boven- of onderaan de vliegtuigromp (fuselage) en de ontvanger zelf zit ergens in het toestel gemonteerd (vaak in een achteraf hoekje). De bediening van de loopantenne gebeurt elektrisch vanuit de ontvanger. De afstemming van de ontvanger gebeurt vanaf het bedienkastje door een z.g. bowdenkabel welke soms wel 10 meter of langer langs was. Om deze reden gebeurt de afstemming dan ook niet met een draaiknop, maar met een slingertje. Er zijn ook uitvoeringen met twee bedienkastjes (piloot en navigator). Hierbij kwam er nog meer mechanica om de hoek kijken om de bowdenkabels van beide kastjes te koppelen naar één ontvanger.

Het systeem met bowdenkabels bleef onhandig; daarom is het later nog vervangen door een elektronisch systeem. De slinger op het bedienkastje werd gekoppeld met een 10-slag potmeter. Bij de ontvanger zat een tweede potmeter, gekoppeld met een motortje dat de afstem-C aandreef. Beide potmeters maakten deel uit van een brugschakeling. De verschilspanning stuurde via een versterker het afstemmotortje aan.

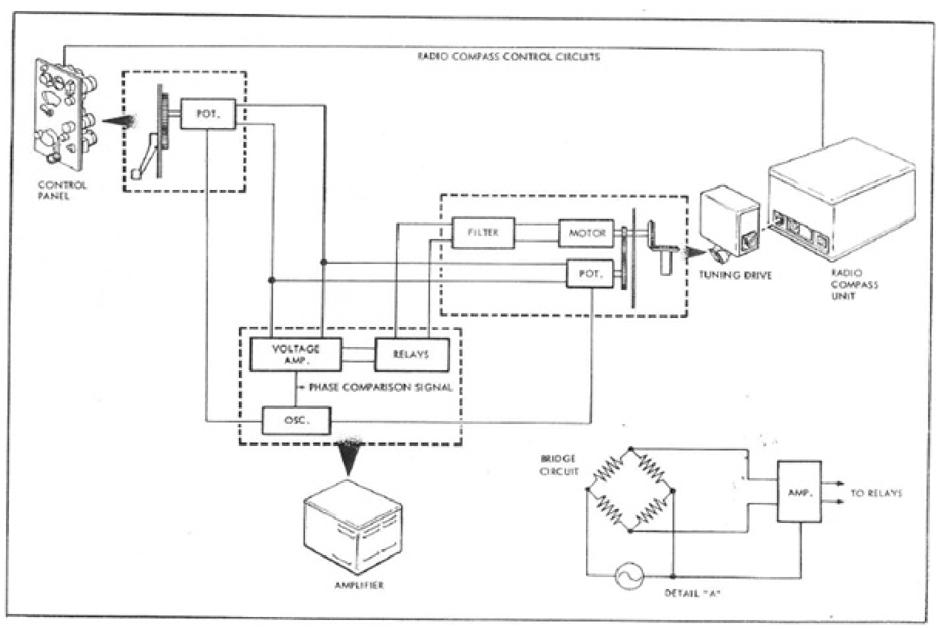


Figure 1-8. Simplified Remote Tuning Functional Diagram

Technische gegevens	
Power input	130 Watt bij 26,5 Volt DC
Power output (LF)	700 mW piek
Frequentie bereik	100-1750 kHz in 4 banden
Signaal	CW of AM
Gevoeligheid	5 uV/m
Antenne	Draaibare loop + Sense antenne

Band	Freq. kHz
1	100-200
2	200-410
3	410-850
4	850-1750

Peilen met de AN/ARN-6 gebeurt op minimum signaal. Het hele systeem is zo scherp dat ook zeer sterke stations zoals b.v. Radio 5 op 747 kHz of Radio Maria op 675kHz volledig weggedraaid (minimum) kunnen worden.

Techniek

De R-101 ontvanger uit de AN/ARN-6 installatie is een zeer goede lange- en middengolf-radio. Eind jaren ’60, begin jaren ’70 zijn er veel in de dump verschenen. De R-101 zonder toebehoren werd vaak omgebouwd en gebruikt als zeer gevoelige omroepdoos (BC DX). Frithjof Sterrenburg heeft over deze ombouw[4)] in 1979 nog een uitgebreid artikel gepubliceerd in Radio Electronica.

De R-101 is een enkelsuper met twee omschakelbare middenfrequenties. 455kHz voor band 1 en 142,5kHz voor de andere 3 banden. Vanwege de lage MF kunnen er zeer selectieve filters gemaakt worden. Voor ontvangst van CW is er een BFO die dus ook op twee frequenties moet kunnen werken. De bandomschakeling gebeurd met een motor die via een soort versnellingsbak twee assen aandrijft welke door alle HF en MF spoelbakken lopen en daar bandschakelaars bedienen. De hele omschakeling gebeurd elektrisch zodat het “eenvoudig” op afstand bediend kan worden vanaf het bedienkastje.

De boordspanning bij vliegtuigen is 26,5 Volt. De hele set werkt dan ook betrouwbaar op een voedingsspanning tussen 24 en 28 volt. Alle buizen hebben 12V gloeispanning en staan per twee in serie direct op de voeding aangesloten. De 24 V voedingsspanning wordt ook gebruikt als anodespanning voor de buizen ondanks dat de buizen “standaard” zijn ontwikkeld voor 250V anodespanning. Alleen de thyratrons voor de aansturing van de motor van de loopantenne werken op 100V; hiervoor is er een voeding met trilleromvormer ingebouwd. Deze trillervoeding is alleen actief indien ontvangst met de loop in ingeschakeld (ADF of handmatige peiling).

Vanwege de lage anodespanning zijn de anodestromen ook minimaal (uA) en gaat er weinig kapot. Het was wel een uitdaging om nog een redelijk LF uitgangsvermogen te krijgen. De eindtrap bestaat uit 4 buizen! Per twee parallel en deze dan weer in balans. Uit deze 4

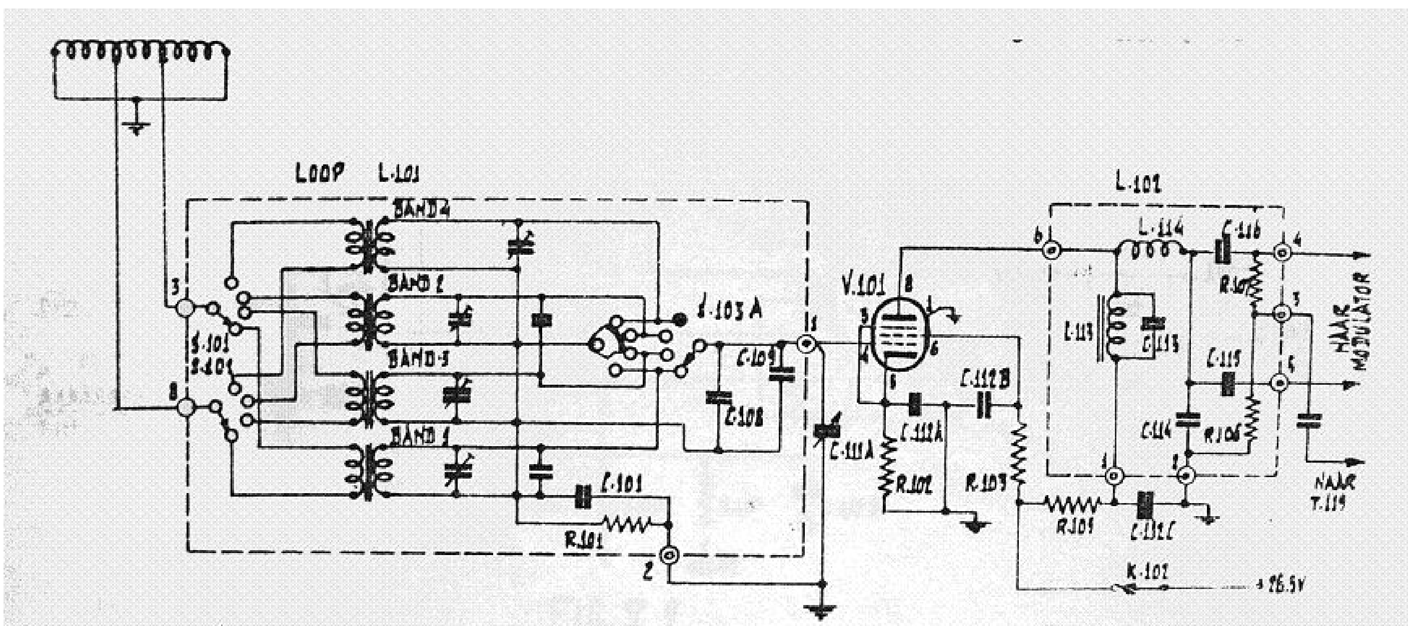
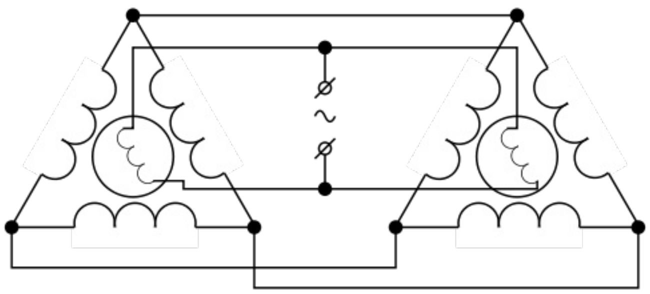


FIG. 7.1

buizen komt het fenomenale uitgangsvermogen van 700mW (piek).

De loopantenne is aperiodisch (niet afgestemd) en gebalanceerd (het midden hangt aan massa). Op de vorige bladzijde het schema 5) van de R-101 ingang. Links de loopantenne en koppeling naar de signaalkringen. Rechts het 90° fasedraainetwerk.



Men kan de stroom ook gebruiken om een tweede parallel geschakelde sychro-ontvanger aan te drijven. Deze tweede zal precies de hoekverdraaiing van de synchro-zender volgen. Het geheel van twee parallel synchro's noemt men een selsyn.

In de AN/ARN-6 wordt de loop antenne aangedreven door een motor welke twee kanten op kan draaien. Een synchro is mechanisch gekoppeld met de loop, een tweede identieke synchro, welke zich in het aanwijsinstrument bevindt, is parallel geschakeld en zal dus exact de positie van de synchro in de loop volgen. De wijzer van het aanwijsinstrument zal dus precies de positie van de loopantenne volgen.

De loop antenne wordt ergens in de romp van het vliegtuig gemonteerd (aan boven- of onderzijde). Het aanwijsinstrument (indicator) bevindt zich in de cockpit.

Aansturing loop

De motor in de loopantenne wordt aangestuurd door twee thyratrons in de ontvanger. Een thyratron is te vergelijken met de hedendaagse thyristor. Het thyratron is uitgevoerd als triode en gevuld met een edelgas (kwikdamp, xenon of neon) en bestaat uit gloeidraad, kathode, stuurrooster en anode. Zolang het stuurrooster een lagere spanning voert dan de kathode loopt er geen stroom. Wordt het stuurrooster positief, dan wordt het gas geïoniseerd en gaat er stroom lopen van anode naar kathode. De stroom wordt pas onderbroken als de spanning op de anode daalt…

Twee thyratrons in de ontvanger vormen samen met de links-rechts knop op het bedienkastje een brugschakeling. Met de knop kan men de aangesloten loopmotor links- of rechtsom kan laten draaien. Indien de knop in de middenstand staat kan men de loop links- of rechtsom laten draaien met de stuursignalen op de thyratrons. Tegenwoordig zou men voor een dergelijke besturing een H-brug met PWM sturing gebruiken.

Als de R-101 in ADF (automatisch peilen) mode wordt gebruikt dan wordt het wat ingewikkelder (zie blokschema). Het door de loopantenne ontvangen signaal is 90° uit fase met het signaal van de sense antenne. Voor- of naijlend afhankelijk van de richting van de zender t.o.v. de loop. Het signaal wordt versterkt en daarna volgt een 90° fasedraaier zodat het signaal nu in fase- of tegenfase is met dat van de sense antenne. Vervolgens wordt het signaal in een balans-modulator gemoduleerd met 100 Hz afkomstig uit de trillervoeding.

Het uitgangsignaal van de modulator gaat het naar de 1^{e} HF trap waar het wordt gemengd met het signaal van de sense-antenne. Hierna heeft het signaal een minimum, of een maximum, afhankelijk van de stand van de loop. Na een 2^{e} HF trap wordt het gemengd met het VFO signaal en volgen 2 trappen MF versterking. Aan de 2e MF trap kan ook het BFO signaal of een 900Hz toon worden toegevoegd. Hierna volgt detectie en AVC en gaat het signaal naar de de LF trap, maar gaat ook, via een 100Hz afgestemde kring, naar de kompas versterker.

Het 100Hz uitgangssignaal van de kompasversterker stuurt de beide thyratrons die als anodespanning het 100Hz signaal uit de trillervoeding hebben. Afhankelijk van de stand van de loop is het signaal uit de kompas versterker in fase- of tegenfase met het 100Hz signaal

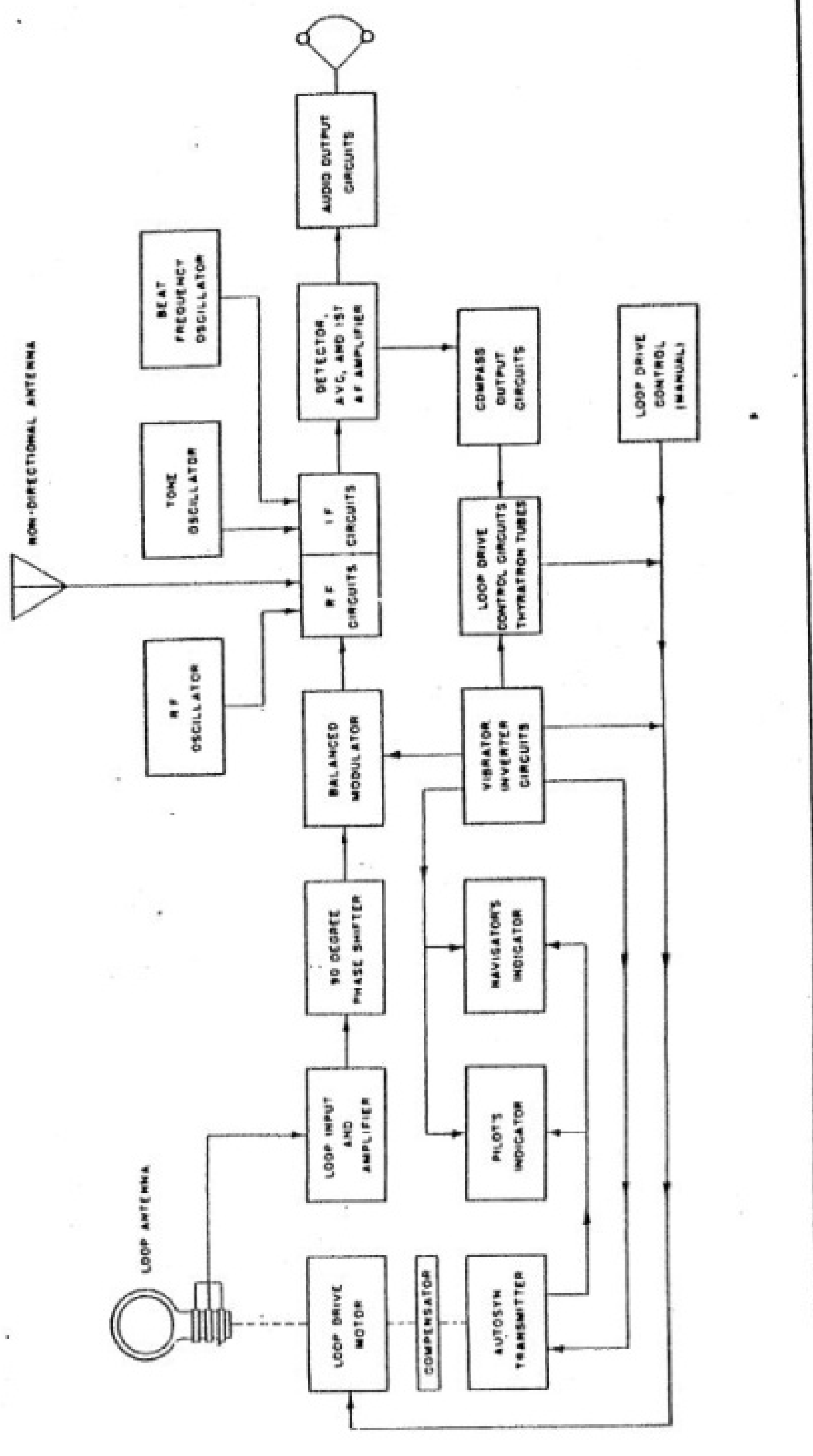


Figure 4-2. Functional Block Diagram

op de anodes. Het thyratron met positieve anode en positief rooster zal ontsteken en draait de loop naar minimum signaal. De stand van de loopantenne is vervolgens in de cockpit af te lezen op het kompas.

Bij automatisch peilen zal het BFO signaal een probleem kunnen zijn. Indien de BFO zerobeat staat afgestemd is er n.l. geen LF-signaal beschikbaar voor automatische peiling. Daarom wordt in de ADF stand de BFO uitgeschakeld en een signaal van 900Hz uit een toonoscillator bijgemengd om zo toch CW hoorbaar te maken.

Alle deelschakelingen van het gehele radio kompas worden zeer uitgebreid beschreven in een Nederlandstalige cursus van het Commando Luchtvaart Opleidingen uit 1956[5)] welke in mijn bezit is.

Mijn AN/ARN-6

Het begon allemaal op de radiobeurs in Rosmalen een aantal jaren geleden. Ik was al bekend met het bestaan van het Radio Compass en vond in Rosmalen een bedienkastje, compleet met mounting en bowdenkabel van 50cm lengte. Voor 10 euro wisselde het van eigenaar. Ik liet het aan een vriendje zien (Fred, PA4TIM) en deze vertelde mij ook zo'n kastje te hebben. Tevens had hij een R-101 en een loopantenne. Hij had het ooit gekocht met de bedoeling het aan de praat te brengen, maar had zich verkeken op de complexiteit.

Achterop de R-101 zit een aansluitstrip met 22 contactbusjes. Normaal wordt de R-101 ontvanger in een mounting geplaatst en in alle aansluitschema's wordt dan ook uitgegaan van de mounting. Zonder mounting zul je zelf alle aansluitingen moeten uitzoeken, en de schema's zijn daar niet altijd duidelijk in.

Fred heeft zijn R-101 en antenne toen aan mij gegeven met de woorden, "het komt bij jou beter van pas". Ook ik liep tegen de complexiteit aan van de schema's en verder speelde nog mee dat de R-101 van Fred de trillers miste en al eerder door een amateur onderhanden was genomen. De R-101 belandde na een tijdje dus op de plank "toekomstige projecten".

Via mijn SRS lidmaatschap kwam ik een tijdje later in contact met een amateur welke voor mij uit de inboedel van Radio Communicatie Centrum (RCC) in Utrecht een complete R-101, een mounting, en een kist reserve parts had. Deze mounting bleek de missing link te zijn en na twee avondjes knutselen had ik een werkende proefopstelling. Alles werkte op een oude 24V/25A voeding welke ik ooit had gerecupereerd uit de afgeschreven telefooncentrale van Ziekenhuis Antoniushove. De totale set trekt max. zo'n 5A dus geen probleem.

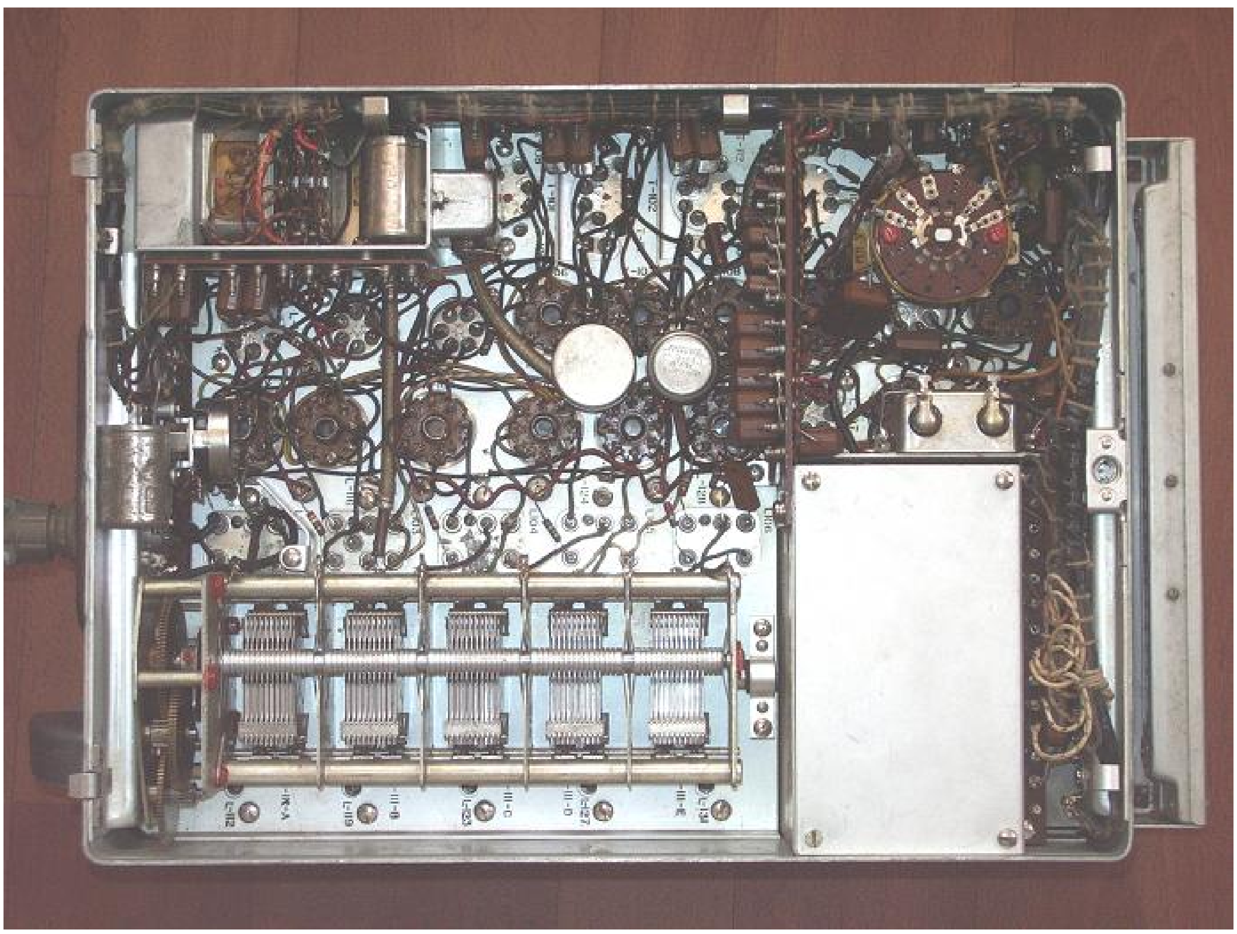
Nu alles bleek te werken de boel geoptimaliseerd en alles schoongemaakt. Om een werkende opstelling te hebben, die ik ook nog eenvoudig kan verplaatsen, heb ik een montagepaneel gemaakt van twee haaks opgestelde planken (ik mocht geen cockpit replica bouwen op zolder, hi) waar ik alles op gemonteerd heb. Alleen de indicator mis ik nog, maar die komt ook nog wel eens een keer voorbij op een radiomarkt hoop ik.

Op de komende clubavond zal ik de hele contraptie meenemen.

Wat kun je er nu mee, als je geen vliegtuig hebt? Het is een leuk systeem, je kunt nauwkeurig de richting bepalen waar de zendmast van b.v. Radio 10 Gold of Radio 5 staat maar dan heb je het ook wel gehad. Of je kunt het, net als ik, in werkende opstelling op zolder zetten en er dan af en toe eens mee spelen en mijmeren over de mooie techniek en vervlogen tijden. Een andere toepassing is het gebruik als Broadcast DX ontvanger. In plaats van de loopantenne sluit je een dipool aan, de hele loopbesturing kun je evt. uitschakelen. Je hebt dan een LG/MG omroepdoos, maar wel een hele goede met 5 selectieve kringen.

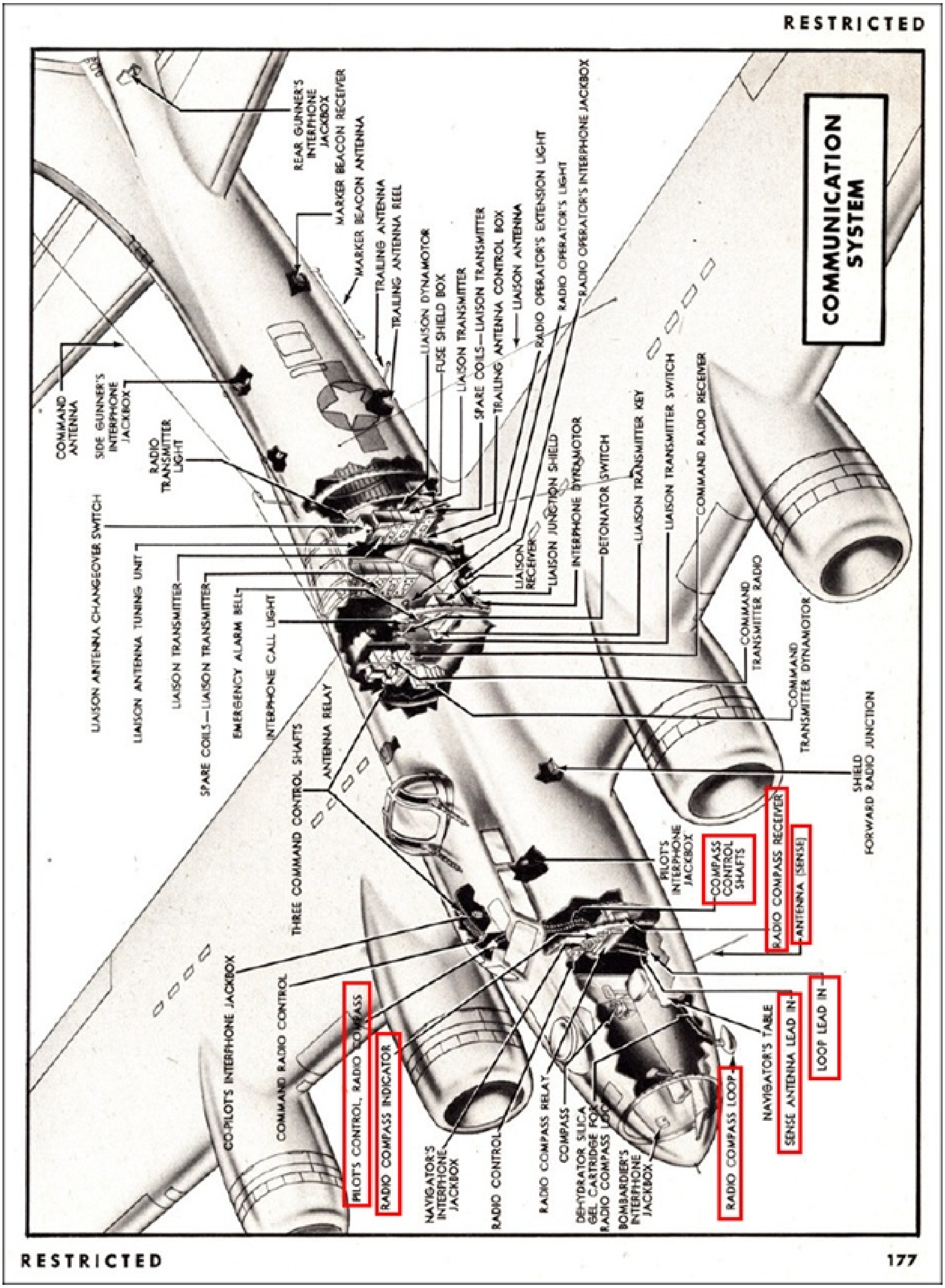


Binnenzijde R-101 (fotos: Frithjof Sterrenburg)





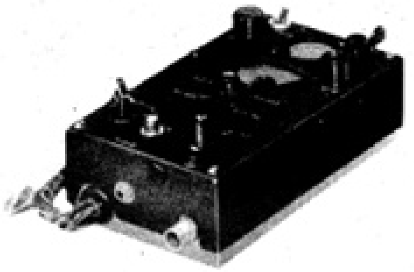
Mijn opstelling. Rechts R-101 op mounting met daarboven de loopantenne. Links het bedienkastje op mounting met de bowdenkabel naar ontvanger. Links van de loop is nog ruimte voor de indicator.



Bovenstaand een tekening uit het originele B-17 manual[3]. Radio Compass onderdelen door mij in rood aangegeven.

AN/ARN-6

UNCLASSIFIED
[redacted]



Radio Control Boxes
C-149/ARN-6(XA-3)





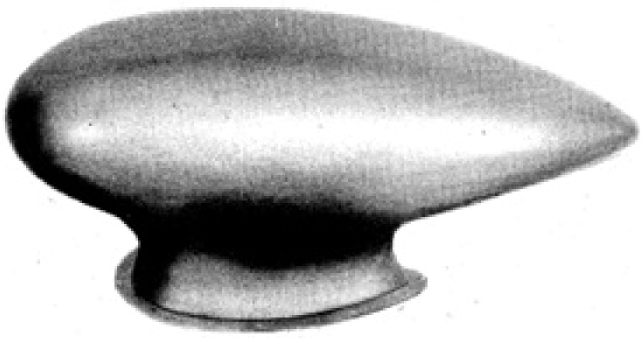
Radio Compass Unit
R-101/ARN-6(XA-3)



Indicator ID-92/ARN-6(XA-3)



Indicator ID-91/ARN-6(XA-3)



Loop AS-141/ARN-6(XA-3)

RADIO COMPASS AN/ARN-6

TOTAL WEIGHT 55 LBS.

Component	Nomenclature	Size	Weight
Radio Compass Unit	R-101/ARN-6	16" x 12" x 8"	32 Lbs.
Mounting	MT-274/ARN-6	16" x 12" x 3"	7 Lbs.
Indicator	ID-91/ARN-6		*
Indicator	ID-92/ARN-6		*
Coupling Unit	CU-65/ARN-6		
Control Box	C-149/ARN-6	5" x 8" x 4"	3 Lbs.
Loop	AS-141/ARN-6	7" x 6" x 17"	10 Lbs.

* less than one pound
and includes cables, cords, connectors, etc.

Pagina uit het manual met de afzonderlijke componenten van het systeem.

Bronvermeldingen

1) “De luisterdienst krijgt peilstations”. Blz. 23. Radio Malabar, Klaas Dijkstra / A. O. Bauer. Druk: Drukkerj-Uitgeverij Emaus, Groenlo
2) Wikipedia: Non-directional Beacon, http://nl.wikipedia.org/wiki/Non-directional_beacon
3) Pilot Training Manual for the Flying Fortress B-17, published by HQ, AAF, 1944
4) Peilontvanger R-101, Frithjof Sterrenburg, Radio Electronica okt./nov. 1979
5) Radio-Kompas AN/ARN-6, Commando Luchtvaartopleidingen. Luchtmacht Electronische School 1956.

Elektrische verlichtingseffecten voor de kerststal

Sinterklaas moet weliswaar nog aanspoelen, maar ja, als je op het decembernummer moet wachten en dan nog onderdelen bestellen en bouwen, is de kerst waarschijnlijk al voorbij. Dus kijken we nu alvast naar een leuk bouwprojectje wat je eventueel met je (klein)kinderen kunt maken.

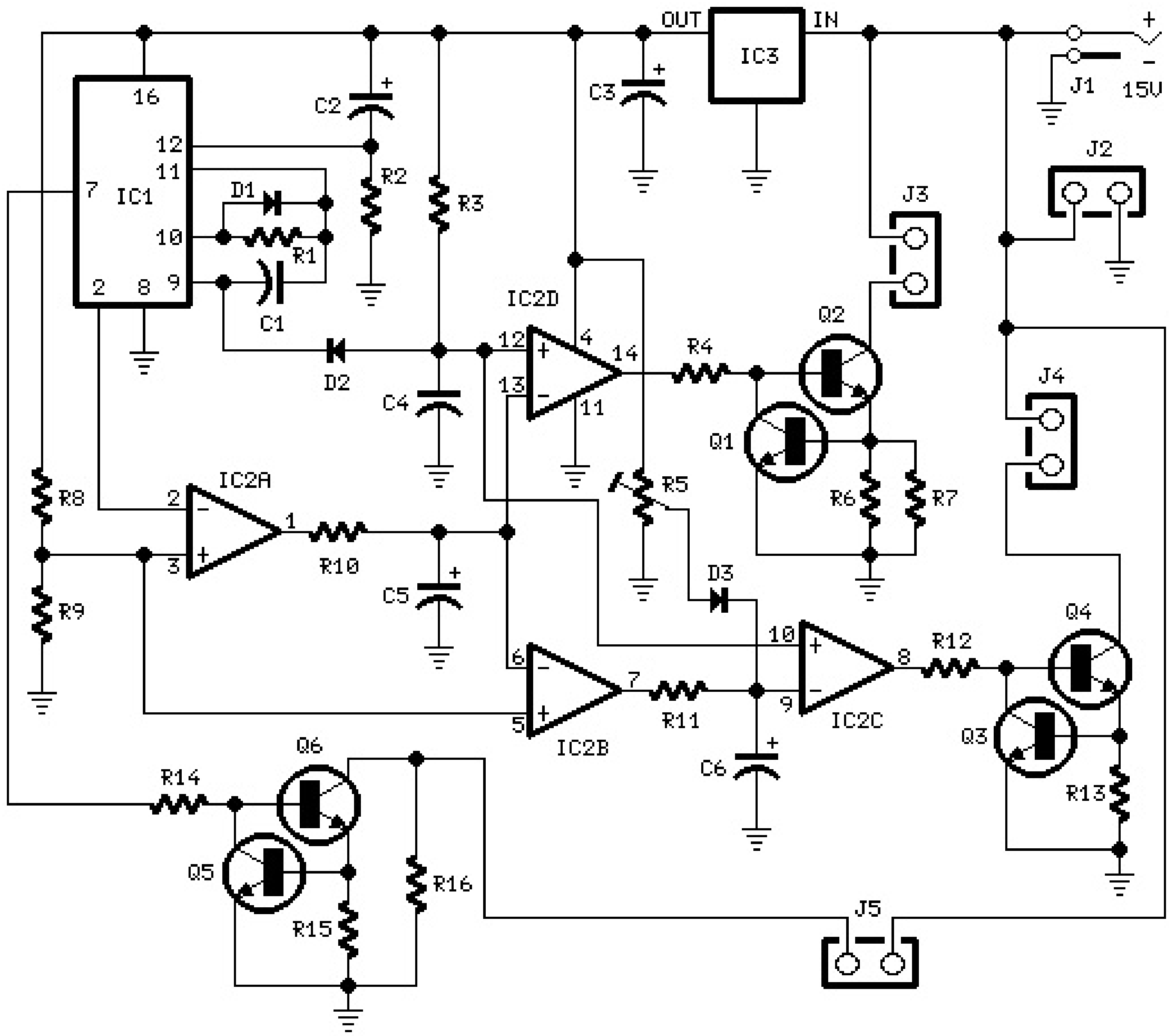
Wat is de bedoeling: Deze schakeling is bedoeld om de diverse lichteffecten aan te sturen voor gebruik in kerststallen of andere kerst-taferelen met zo realistisch mogelijke effecten. En wat kan het allemaal:

* Afwisseling van dag en nacht met geleidelijk dimmen van lichten van volledig aan naar volledig uit en omgekeerd.
* Langzaam inschakelen van verlichting in huisjes als het donker wordt, en weer langzaam uitschakelen als het licht wordt, met vooraf instelbare intensiteit, waarmee kaarslicht gesimuleerd kan worden voor realistisch effect.
* Continu flakkerend licht voor het simuleren van vuurtjes, lantaarns etc.
* Totale cyclusduur: 2 minuten. Duur van de dag: 1 minuut, 15 seconden. Duur van de nacht: 45 seconden. (bij benadering)

* Ingang J1 wordt verbonden met een standaard stekkernetvoeding met een uitgangsspanning van 12-15Vdc, en een minimum stroom van 600mA bij 12V. Gebruik je veel lampjes, dan kan de stroom oplopen tot 1.5A.
* Uitgang J2 wordt verbonden met bijvoorbeeld blauwe 12V 1W verlichting voor nachteffect.
* Uitgang J3 kan verbonden worden met een paar 12V 2.2W lampjes parallel om de zon te imiteren. Maximale uitgangsstroom: 1.2A (6-7 lampjes).
* Uitgang J4 kan je gebruiken voor een aantal 12V 1W of 1/2W micro-lampjes parallel voor het verlichten van huisjes. Maximale uitgangsstroom: 600mA (b.v. 7-8 1W lampjes, of het dubbele als je 1/2W lampjes gebruikt).
* Uitgang J5 is te gebruiken voor één of meer 12V 1W of 1/2W micro-lampjes parallel voor vuurtjes, lantaarn effecten etc. Maximale uitgangsstroom: 600mA (zelfde aantallen als boven).
* Alle uitgangen hebben stroombegrenzing en kunnen een redelijke tijd een kortsluiting weerstaan.

Werking:

IC1 oscilleert op een frequentie zodanig dat op pin 2 elke minuut een niveauverandering ontstaat. Dat enabled IC2A die langzaam C5 laadt of ontlaadt via R10 in een periode van 2 minuten. Pin 9 van IC1 stuurt D2, R3 & C4, waarmee een zaagtand opgewekt wordt voor comparators IC2C & IC2D. IC2D vergelijkt de spanning op pin 13 met de zaagtand, genereert een blokgolf met variabele aan/uit tijd die darlington Q2 stuurt voor de daglicht-lampjes. IC2B verandert zijn uitgang op het moment van bereiken van de spanning die door R8 & R9 bepaald wordt, waardoor IC2C & Q4 geactiveerd worden waarmee IC2D & Q2 de lampjes in de huisjes aansturen in de avond en weer uitschakelen in



de morgen. R11 & C6 zorgen voor langzaam in- en uitschakelen en R5 bepaalt de maximale helderheid voor deze lampjes. Pin 7 van IC1 stuurt output darlington Q6 voor de flakkerende vuur-lampjes en R16 zorgt ervoor dat ze niet helemaal uit gaan voor een meer realistisch effect. Q1, Q3, Q5 en de bijbehorende basisweerstanden zorgen voor de stroombegrenzing.

Opmerkingen:

* De totale cycluslengte kan gevarieerd worden door aanpassen van C1 en/of R1.
* De dag/nacht verhouding kan aangepast worden door R10 wat te wijzingen.
* Het moment waarop de huisjesverlichting in- en uitschakelt kan aangepast worden door R8 en/of R9 iets te wijzigen.
* De snelheid waarmee de lampjes in de huisjes aan en uit gaan, kan aangepast worden met de waarde van R11.
* De stroombegrenzing kan aangepast worden door de emitterweerstanden van Q2, Q4 & Q6 te wijzigen.
* Voor Q2, Q4 & Q6 zijn koelplaten nodig als je de stroombegrenzing aanpast.

Opbouwen kan op een stuk gaatjesbord. Het geheel kan daarna ondergebracht worden in een (plastic) kastje met voldoende connectoren voor het aansluiten van alle verlichting. Met één centrale stroomvoorziening regel je dan alle effecten voor je kersttaferelen.

Onderdelenlijst

R1	150k 1/4W weerstand
R2,R9,R14	22k 1/4W weerstand
R3,R11	220k 1/4W weerstand
R4,R12	10k 1/4W weerstand
R5	100k 1/2W Instelpot
R6,R7,R13,R15	1R 1/4W weerstand
R8	33k 1/4W weerstand
R10	270k 1/4W weerstand
R16	47R 1/4W weerstand
C1,C4	100nF 63V Polyester Condensator
C2,C6	10µF 25V Electrolytische Condensator
C3,C5	100µF 25V Electrolytische Condensator
D1-D3	1N4148 75V 150mA Diodes
IC1	4060 14 stage ripple counter en oscillator IC
IC2	LM324 Low power Quad Op-Amp IC
IC3	78L12 12V 100mA Spanningsregelaar IC
Q1,Q3,Q5	BC238 25V 100mA NPN Transistors of equivalent
Q2,Q4,Q6	BD681 100V 4A NPN Darlington Transistors
J1	Voedingsconnector, geschikt voor de meeste gangbare stekkernetvoedingen
J2-J5	Aansluitconnectors voor de lampjes

Strip Studio

Schagen

PAUL STOEL

MEIDOORNSTRAAT 25

1 741 WJ SCHAGEN

06-22239205

pjh.stoel@quicknet.nl

